
ПОЧТА
5 РУБЛЕЙ 5

S. A. Arrhenius

ПРОФЕССОРЪ ФИЗИКИ ВЪ ВЫСШЕЙ ШКОЛѢ ВЪ СТОКГОЛЬМѢ.

ФИЗИКА НЕБА.

Разрѣшенный авторомъ и дополненный по его указаніямъ

переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей

А. Р. Орбинскаго

Привать-доцента Императорскаго Новороссійскаго Университета.

Съ 66 черными и 2 цвѣтными рисунками въ текстѣ и 1 черной и 1 цвѣтной отдѣльными таблицами.



ОДЕССА.

Типографія М. Шпенцера, ул. Новосельскаго, 66.

1905.

Дозволено Цензурою. Одесса, 28 января 1904 г.

Предисловіе.

Немногіе отдѣлы науки сдѣлали въ новѣйшее время такіе огромные успѣхи, какъ космическая физика. Причиной этого является прежде всего, конечно, то безпримѣрное усердіе, съ которымъ въ послѣднія десятилѣтія собирался фактическій матеріалъ, чѣмъ въ высокой степени были обогащены наши свѣдѣнія, а наши взгляды во многихъ отношеніяхъ подтверждены, въ другихъ же значительно измѣнены. Нѣтъ почти ни одного отдѣла этой—столь многосторонней—науки, который бы именно теперь не переживалъ своего расцвѣта въ этомъ отношеніи.

Съ другой стороны теоретическая физика, а равнымъ образомъ и близкая ей химія прошли аналогичныя стадіи могучаго развитія, благодаря чему для обработки наблюдательнаго матеріала получились новыя точки зрѣнія.

Въ виду всего этого являлось, разумѣется, желательнымъ имѣть такую обработку космической физики, при которой были бы приняты во вниманіе современные взгляды раціональной физики.

Когда издательская фирма С. Гирцель (S. Hirzel) предложила мнѣ взяться за такую обработку, я принялъ это предложеніе только послѣ большихъ колебаній. Совершенно невозможно овладѣть всѣми разнообразными приложеніями физики и химіи къ небеснымъ объектамъ. Но такъ какъ я читалъ въ Высшей Школѣ въ Стокгольмѣ лекціи по всѣмъ отдѣламъ космической физики, то я и собралъ ихъ теперь въ одно цѣлое, пересмотрѣлъ и дополнилъ его. Я нашелъ сильную поддержку со стороны многихъ моихъ ученыхъ друзей, изъ которыхъ назову здѣсь доктора Экгольма и доктора Эйлера.

При разработкѣ моей темы я старался избѣгать вопросовъ чисто астрономическихъ, гидрографическихъ, геологическихъ и метеорологическихъ, ограничиваясь по возможности лишь тѣми задачами, которыя имѣютъ внутреннюю связь съ физикой и химіей.

Стокгольмъ, декабрь 1902.

Авторъ.

Предисловіе къ русскому изданію.

Въ своемъ предисловіи авторъ настоящей книги проф. Арреніусъ ясно указываетъ цѣль и границы своего труда и къ сказанному имъ мнѣ остается только прибавить нѣсколько словъ.

Врядъ ли могла издательская фирма Гирцеля сдѣлать лучшій выборъ для задуманнаго ею изданія руководства по космической физикѣ, потому что врядъ ли можно найти въ настоящее время другого человѣка, который внесъ въ эту науку—„приложеніе физики и химіи къ небеснымъ объектамъ"—столько, сколько внесъ проф. Арреніусъ.

Въ настоящей книгѣ, Физикѣ Неба, составляющей первую, но самостоятельную и законченную часть его „Lehrbuch der kosmischen Physik", который охватываетъ физику неба, земли и атмосферы, можно указать въ этомъ отношеніи на его изслѣдованія о температурахъ планетъ, имѣющихъ атмосферу, которыя указываютъ на возможность объясненія ледниковыхъ періодовъ въ исторіи земли измѣненіемъ содержанія углекислоты въ воздухѣ, на его объясненіе зодіакальнаго свѣта, на его взгляды на строеніе кометъ, на теорію солнечной короны и пр. Не всѣ взгляды проф. Арреніуса нашли всеобщее признаніе, но даже и въ этихъ случаяхъ нельзя не признать за нимъ высокой заслуги внести въ вопросъ новое освѣщеніе, подойти къ нему съ новой стороны. Особеннаго вниманія, мнѣ кажется, заслуживаетъ его теорія солнечной короны, въ которой мы находимъ путь къ объясненію измѣненій короны въ связи съ періодомъ солнечныхъ пятенъ и особенностей ея строенія,—явленій необъяснимыхъ съ точки зрѣнія принимаемой до сихъ поръ метеорной гипотезы о строеніи короны.

Еще два слова о самомъ переводѣ. Текстъ его былъ во многихъ мѣстахъ исправленъ и дополненъ согласно указаніямъ самого проф. Арреніуса. Выполненъ онъ г-жею А. М. Грин-

чевской, но затѣмъ внимательно пересмотрѣнъ и исправленъ мною, такъ что въ соотвѣтственной мѣрѣ на мнѣ лежитъ и отвѣтственность.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ я позволилъ себѣ вставить пояснительныя и дополнительныя примѣчанія (подстрочныя за исключеніемъ отмѣченныхъ авторскими). Наконецъ, единственное мѣсто оригинала, въ которомъ авторъ пользовался высшей математикой (стр. 173), вынесено въ конецъ книги.

Въ настоящемъ изданіи удержаны конечно, метрическія мѣры и числа даны по новому стилю.

Долженъ сдѣлать еще одно замѣчаніе относительно транскрипціи иностранныхъ именъ, и въ особенности именъ англійскихъ. Я позволилъ себѣ писать ихъ такъ, какъ они произносятся, въ чемъ большую помощь оказалъ большой The Century Dictionary of Names (The Times, London 1903). Но во избѣжаніе недоразумѣній въ этомъ отношеніи при каждомъ имени въ первомъ его появленіи въ книгѣ проставлено (въ скобкахъ) и его оригинальное правописаніе.

Въ заключеніе считаю долгомъ принести самую искреннюю благодарность проф. Аррениусу за его любезное разрѣшеніе перевода и за тѣ цѣнныя указанія, которыя онъ сдѣлалъ.

Одесса, іюль 1904.

А. О.

Оглавленіе.

Опечатки.

Стран.	*Строка.*	*Напечатано*:	*Должно быть*:
10	5 сн.	Цёлльнеромъ	Цельнеромъ
15	11 „	g	G
26	3 „	α Кита	ο Кита
33	19 св.	схожденія	расхожденія
45	9 сн.	λ—	λ=
60	4 „	Loekyer	Lockyer
67	11 „	Часто	Части
68	1 „	объема.	объема (ср. стр. 125).
88		Въ первомъ столбцѣ таблицы минуты не отдѣлены отъ градусовъ; онѣ обозначены двумя послѣдними цыфрами каждаго числа.	
89	2 св.	$\frac{v^2}{r^2}$	$\frac{v^2}{r}$
90		Въ подписи подъ рис. 29 слова „съ бо́льшимъ эксцентриситетомъ“ выбросить.	
97	16 св.	граммокалорій [1])	граммокалорій
111	6 „	гелій (литій)	гелій, (литій)
112	17 сн.	родыхъ	родныхъ
114	11 „	Schlieen	Schlieren
117	6 „	равняла, сьсогласно	равнялась, согласно
123	12 „	398.7	398.7 $\mu\mu$
136	3 св.	$\lambda^{макс}$	$\lambda_{макс}$
137	12 сн.	Wolf	R. Wolf
140	10 св.	быть	стать
146	18 сн.	поверхности	поверхности,
153	20 „	сила	силы
153	11 „	что	что въ
167	8 св.	Tamman	Tammann
181	2 „	Но согласно,	Но, согласно
187	3 сн.	іюля 11, 2) іюля	іюня 11, 2) іюня
188	17 св.	181	178
188	14 сн.	появляется	появляется,
197	12 св.	степени	ступени
223	19 и 18 сн	отъ З.Ю.З. къ В.С.В.	отъ Ю.Ю.З. къ С.С.В.
227	4 „	$5 \cdot 10^{-9}$	5×10^{-9}
238	5 св.	мѣстѣ	мѣсто

ФИЗИКА НЕБА.

I. Неподвижныя звѣзды.

Введенiе. Изъ всѣхъ естественныхъ наукъ астрономiя самая древняя. Уже народы, стоявшие на низшей ступени развитiя, не могли не замѣчать того, что многiя чрезвычайно важныя явленiя правильно повторяются черезъ извѣстные промежутки времени. Среди этихъ явленiй первое мѣсто занимаетъ правильная смѣна дня и ночи. Затѣмъ слѣдуетъ явленiе временъ года, выражающееся въ послѣдовательности перiодовъ жаркаго и холоднаго, сухого и дождливаго, въ связанномъ съ этимъ покрытiи поверхности земли снѣгомъ и воды льдомъ, въ разлитiяхъ рѣкъ (напр. Нила) и въ высыханiи болотъ, трясинъ и т. д. Эти чрезвычайно важныя для народнаго хозяйства обстоятельства правильно наступали тогда, когда небесныя тѣла (солнце, луна и звѣзды) занимали опредѣленное положенiе на небесномъ сводѣ. Чтобы быть въ состоянiи заранѣе знать, когда возвратятся эти моменты, люди стали наблюдать солнце, луну и звѣзды и вскорѣ нашли, что они измѣняютъ свои положенiя гораздо правильнѣе, чѣмъ слѣдуютъ другъ за другомъ указанныя выше перiодическiя явленiя. Поэтому оказалось болѣе удобнымъ вычислять продолжительность этихъ перiодовъ по положенiю небесныхъ тѣлъ, чѣмъ сообразоваться съ метеорологическими явленiями. Полученный такимъ образомъ главный перiодъ былъ названъ годомъ; соотвѣтственно этому опредѣляется звѣздный годъ, какъ перiодъ времени между двумя послѣдовательными моментами, въ которые солнце занимаетъ по

возможности то же самое положенiе относительно звѣздъ. Подраздѣленiя этого главнаго перiода опредѣляются положенiемъ луны. Такимъ образомъ возникъ годъ, раздѣленный на 12 мѣсяцевъ. Наименьшею единицею времени служили сутки, величина которыхъ зависитъ только отъ положенiя солнца относительно горизонта наблюдателя. Наконецъ, сутки были раздѣлены на четыре части: ночь, утро, день и вечеръ.

Даже наиболѣе низко стоящiе народы имѣютъ уже подобное раздѣленiе времени.

Кромѣ названныхъ метеорологическихъ явленiй, были и другiя обстоятельства, побуждавшiя человѣка къ наблюденiю небесныхъ тѣлъ. Уже въ самые раннiе перiоды у многихъ народовъ вырабатывалось сознанiе, что источникъ всей жизни и всѣхъ движенiй нужно искать въ лучахъ солнца. Соотвѣтственно такому взгляду развилось обоготворенiе солнца, которое можно найти въ большинствѣ религiй. Отсюда естественно было отвести и лунѣ, какъ источнику свѣта, подчиненное, но все же выдающееся мѣсто рядомъ съ солнцемъ; а затѣмъ постепенно стали считать божествами и звѣзды. Въ связи съ этимъ жрецамъ, составлявшимъ образованный классъ, вмѣнялось въ обязанность производить астрономическiя наблюденiя для того, чтобы ближе изучить могучихъ властителей жизни и смерти и всей человѣческой судьбы. Такимъ образомъ мы видимъ, что уже въ древнѣйшiе перiоды человѣческой культуры воздвигались обсерваторiи, въ которыхъ отмѣчался ходъ небесныхъ свѣтилъ. Къ затменiямъ, особенно къ солнечнымъ, относились при этомъ съ исключительнымъ вниманiемъ. Эти явленiя тщательно заносились въ хроники, какъ знаменiя, и въ нихъ сохранились для насъ чрезвычайно цѣнныя данныя для установленiя точныхъ датъ историческихъ событiй. На обязанности особо приставленныхъ для этого лицъ лежало предвычисленiе затменiй, и часто они должны были отвѣчать жизнью за вѣрность своихъ предсказанiй.

Такимъ образомъ, уже съ самаго начала историческаго времени старательно собирался матерiалъ, касающiйся небесныхъ явленiй и составляющiй теперь основу астрономiи. Изъ этого матерiала изслѣдователи природы извлекли самый цѣнный результатъ—представленiе о силахъ, управляющихъ вселенной, о камняхъ, изъ которыхъ она построена.

Мѣры длины и времени. Прежде чѣмъ излагать важнѣйшiе пункты этого представленiя, мы изберемъ нѣкоторыя единицы

мѣры, при помощи которыхъ мы сможемъ впослѣдствіи опредѣлять величины, играющія роль во вселенной. Наша земля, какъ извѣстно, есть сфероидъ, экваторіальный радіусъ котораго равенъ 6378.25, а полярный 6356.52 километрамъ. Земля дѣлаетъ оборотъ вокругъ своей оси въ звѣздныя сутки, раздѣляемыя на 24 часа звѣзднаго времени и равныя 23 ч. 56 м. 4.091 с. средняго солнечнаго времени. Иными словами, если мы будемъ наблюдать два послѣдовательныхъ момента, въ которые любая звѣзда проходитъ черезъ плоскость меридіана, т. е. вертикальную плоскость, проходящую черезъ земные полюсы и мѣсто наблюденія, то найдемъ, что между этими моментами проходитъ 23 ч. 56 м. 4.091 с.

Изъ этихъ данныхъ можно вычислить, что скорость вращенія точки земного экватора (на поверхности моря) равна 465 метрамъ въ секунду.

Земля обращается по круговой почти орбитѣ вокругъ солнца, на среднемъ разстояніи отъ него въ 149.5 милліоновъ километровъ, слѣдовательно на разстояніи, почти въ 23440 разъ большемъ экваторіальнаго радіуса земли. Этотъ путь земля проходитъ въ теченіе одного года. Отсюда можно вычислить, что средняя скорость земли въ ея орбитѣ равна 29.7 километрамъ въ секунду. Вслѣдствіе большой величины разстояній между небесными тѣлами за единицу мѣры для нихъ часто берется радіусъ земной орбиты (разстояніе отъ солнца). Эта единица длины очень удобна для выраженія разстояній въ нашей солнечной системѣ; размѣры самой солнечной системы могутъ быть охарактеризованы разстояніемъ отъ солнца самой дальней извѣстной намъ планеты Нептуна, составляющимъ 30 радіусовъ земной орбиты.

Но эта единица длины часто оказывается слишкомъ мелкою и неудобною при измѣреніи разстояній между звѣздами. Тогда разстояніе выражается либо въ милліонахъ радіусовъ земной орбиты, либо въ свѣтовыхъ годахъ, т. е. дается число лѣтъ, которое долженъ употребить свѣтъ, чтобы пройти данное разстояніе. Такъ какъ скорость свѣта равна 300000 килом. въ секунду, то одинъ свѣтовой годъ сотвѣтствуетъ 9.47 билліонамъ километровъ или 63300 земнымъ радіусамъ, а милліонъ радіусовъ земной орбиты равенъ 15.8 свѣтовымъ годамъ.

Въ повседневной жизни вмѣсто звѣздныхъ сутокъ пользуются средними солнечными сутками, раздѣляемыми на 24 часа. Солнечными сутками называется періодъ времени между двумя по-

слѣдовательными моментами, въ которые центръ солнца проходитъ черезъ плоскость одного и того же меридіана. Земля движется въ направленіи, обратномъ движенію часовой стрѣлки, если смотрѣть на нее изъ точки, расположенной надъ сѣвернымъ полюсомъ (рис. 1); вращеніе ея (E) вокругъ оси происходитъ въ томъ же направленіи; поэтому звѣзда (S), которая проходитъ черезъ плоскость меридіана въ какой-либо день совершенно одновременно съ солнцемъ (A), т. е. въ полдень, на слѣдующій день, когда земля перейдетъ въ E_1, будетъ проходить черезъ плоскость меридіана нѣсколько раньше солнца; именно, звѣзда будетъ въ меридіанѣ на линіи $E_1\ S_1$, параллельной ES и EA, между тѣмъ, какъ солнце будетъ въ меридіанѣ, когда плоскость его пройдетъ черезъ линію $E_1\ A$.

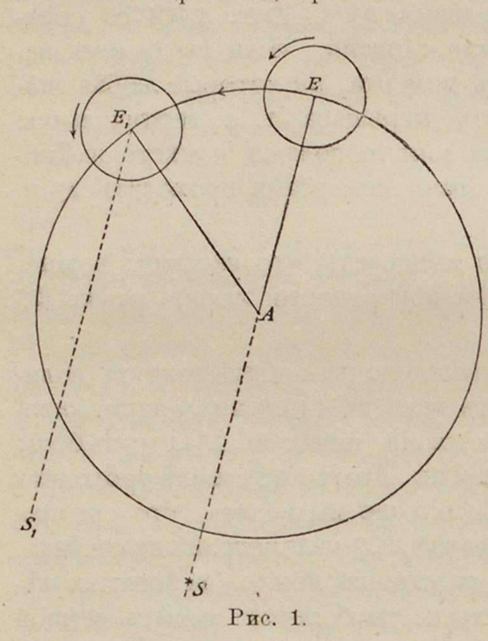


Рис. 1.

Такимъ образомъ прохожденіе солнца черезъ меридіанъ каждый день нѣсколько запаздываетъ сравнительно со звѣздою (въ среднемъ на 235.909 сек.). Но по истеченіи ровно одного года, когда земля опять достигнетъ положенія E, солнце и звѣзда, очевидно, вновь пройдутъ черезъ меридіанъ одновременно. Отсюда слѣдуетъ, что число звѣздныхъ сутокъ въ году единицей превышаетъ число солнечныхъ.

Найдено, что длина такъ называемаго звѣзднаго года, опредѣляемаго положеніемъ солнца между звѣздами, не вполнѣ совпадаетъ съ длиною такъ называемаго тропическаго года, получаемаго изъ смѣны временъ года. Эта смѣна зависитъ отъ того, что зимою дни короче 12-ти часовъ, а лѣтомъ длиннѣе. Каждой весной одинъ разъ продолжительность дня составляетъ ровно 12 часовъ. Моментъ, когда это происходитъ, называется весеннимъ равноденствіемъ; солнце находится тогда въ такъ называемой точкѣ весенняго равноденствія. Тропическій годъ опредѣляется, какъ періодъ времени между двумя послѣдовательными весенними равноденствіями. Такъ какъ въ практической жизни смѣна вре-

менъ года гораздо важнѣе, чѣмъ положенiе солнца, то обыкновенно счетъ времени ведутъ тропическими годами, которые въ среднемъ приблизительно на 20 минутъ короче звѣздныхъ. Тропическiй годъ въ среднемъ имѣетъ 365.242 сутокъ, тогда какъ звѣздный годъ равенъ 365.256 сут. Разница между звѣзднымъ годомъ и тропическимъ происходитъ отъ того, что точка весенняго равноденствiя не остается неподвижной на небѣ, но постепенно передвигается между неподвижными звѣздами, и именно такъ, что проходитъ въ годъ дугу около 50″ въ обратномъ направленiи, т. е. въ направленiи движенiя часовой стрѣлки, если смотрѣть на нее съ сѣвернаго полюса. Земля обращается вокругъ солнца въ противоположномъ направленiи.

Опредѣленiе положенiя точки на небѣ. Созвѣздiя. Положенiе звѣзды въ извѣстный моментъ можетъ быть опредѣлено многими способами и прежде всего ея зенитнымъ разстоянiемъ и азимутомъ. Подъ зенитнымъ разстоянiемъ разумѣютъ уголъ между отвѣсной линiей и линiей зрѣнiя звѣзды, подъ азимутомъ уголъ между плоскостью меридiана мѣста наблюденiя и вертикальною плоскостью, проходящею черезъ звѣзду и мѣсто наблюденiя. Подъ высотою звѣзды разумѣютъ наименьшiй уголъ, образуемый ея лучемъ зрѣнiя съ горизонтальною плоскостью. Высота и зенитное разстоянiе звѣзды вмѣстѣ составляютъ прямой уголъ.

Вмѣсто одной изъ этихъ координатъ даютъ иногда часовой уголъ звѣзды, т. е. уголъ между плоскостью меридiана мѣста наблюденiя и плоскостью, проходящей черезъ звѣзду и земные полюсы. Часовой уголъ обыкновенно отсчитывается въ направленiи суточнаго (видимаго) движенiя, т. е. съ востока на западъ, и выражается въ часахъ звѣзднаго времени отъ 0 ч. до 24 ч., или въ градусахъ дуги отъ 0° до 360°. Выраженный во времени часовой уголъ указываетъ, сколько прошло часовъ съ момента послѣдняго прохожденiя звѣзды черезъ плоскость меридiана даннаго мѣста (кульминацiи). Въ видѣ координатъ звѣзды часто даютъ также часовой уголъ и склоненiе (см. ниже).

Вслѣдствiе вращенiя земли вокругъ оси зенитное разстоянiе, азимутъ и часовой уголъ звѣзды постоянно измѣняются и кромѣ того они различны для различныхъ мѣстъ наблюденiя. Поэтому положенiе звѣздъ на небесномъ сводѣ часто опредѣляютъ посредствомъ другихъ величинъ, измѣняющихся очень медленно, именно склоненiя и прямого восхожденiя. Проведемъ черезъ

звѣзду такъ называемый часовой кругъ, т. е. кругъ, проходящій черезъ звѣзду и полюсы. Дуга этого часового круга, лежащая между направленіемъ земной оси и лучемъ зрѣнія звѣзды, называется ея полярнымъ разстояніемъ; дуга же, лежащая между лучемъ зрѣнія и экваторіальной плоскостью, называется склоненіемъ звѣзды. Мы будемъ ее обозначать далѣе буквою *D*. Полярное разстояніе и склоненіе, очевидно, дополняютъ другъ друга до прямого угла. Земная орбита лежитъ въ одной плоскости, называемой эклиптикою. Эклиптика и плоскость земного экватора пересѣкаются по прямой линіи. Линія эта проходитъ черезъ двѣ точки неба, называемыя эквинокціальными или равноденственными; когда солнце находится въ одной изъ этихъ точекъ, день и ночь равны между собою. Одна изъ этихъ точекъ, въ которой солнце бываетъ 21-го марта, переходя черезъ экваторъ съ юга на сѣверъ, называется точкою весенняго равноденствія; другая, въ которой солнце бываетъ 22-го сентября, пересѣкая экваторъ съ сѣвера на югъ, называется точкою осенняго равноденствія (см. стр. 4).

Отъ точки весенняго равноденствія отсчитываются прямыя восхожденія звѣздъ, обозначаемыя обыкновенно буквами *Ah*; прямымъ восхожденіемъ называютъ дугу экватора, заключенную между точкою весенняго равноденствія и точкою пересѣченія часового круга звѣзды съ экваторомъ. Прямое восхожденіе считается въ направленіи истиннаго движенія солнца (съ запада на востокъ), слѣдовательно, въ направленіи обратномъ счету часовыхъ угловъ. Отсюда слѣдуетъ, что прямое восхожденіе звѣзды указываетъ звѣздное время даннаго мѣста въ моментъ (верхней) кульминаціи звѣзды.

Для опредѣленія положенія звѣздъ вмѣсто плоскости экватора можно пользоваться эклиптикой. Уголъ между линіей зрѣнія звѣзды и эклиптикою называется широтою звѣзды, а дуга между точкою весенняго равноденствія и точкою пересѣченія круга широтъ (проведеннаго черезъ звѣзду и полюсъ эклиптики) съ эклиптикой называется долготою звѣзды. Долготы звѣздъ, какъ и прямыя восхожденія, считаются отъ запада къ востоку.

Въ виду того, что эти координаты, хотя и медленно, но все же измѣняются, для точнаго опредѣленія положенія свѣтилъ должно быть указано и время, къ которому онѣ отнесены. Приводимыя ниже величины прямыхъ восхожденій и склоненій относятся къ 1900 г.

Въ настоящее время эклиптика наклонена къ плоскости экватора подъ угломъ въ 23° 27′. Этотъ уголъ называется наклоненіемъ эклиптики. Проведенный черезъ данное мѣсто наблюденія перпендикуляръ къ плоскости эклиптики называется осью эклиптики; точка, въ которую направленъ сѣверный конецъ этой

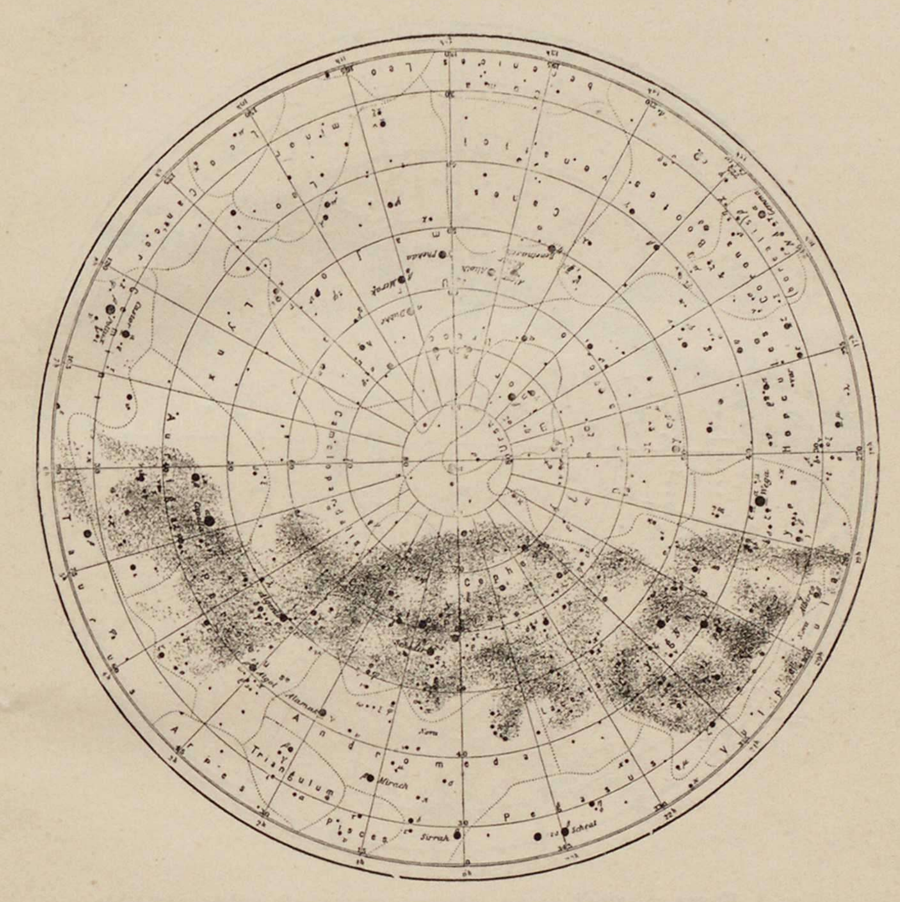


Рис. 2. Карта средней части сѣвернаго полушарія звѣзднаго неба.

оси, называется сѣвернымъ полюсомъ эклиптики. Въ настоящее время этотъ полюсъ находится въ созвѣздіи Дракона. Точка весенняго равноденствія находится теперь въ созвѣздіи Рыбъ, осенняго въ созвѣздіи Дѣвы. Около 2000 лѣтъ назадъ, когда эти координаты были впервые введены греческими астрономами, точка весенняго равноденствія лежала въ созвѣздіи Овна (Aries), осенняго—въ созвѣздіи Вѣсовъ (Libra). Поэтому астрономы и теперь еще обозначаютъ эти двѣ точки знаками Овна (♈) и Вѣсовъ (♎),

Чтобы оріентироваться на небесномъ сводѣ, были придуманы такъ называемыя созвѣздія. Двѣнадцать такихъ созвѣздій расположены вдоль эклиптики, на которой или вблизи которой всегда находятся также солнце, луна и планеты. Эти двѣнадцать созвѣздій, придуманныя Ассиріянами, носятъ общее названіе зо-

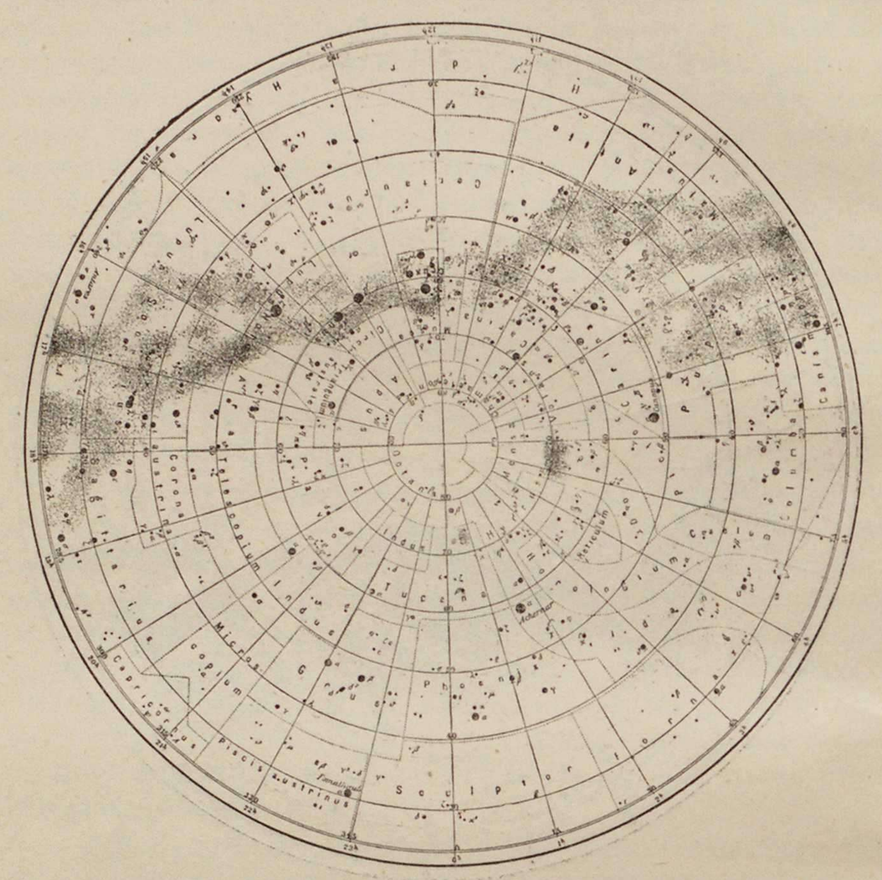


Рис 3. Карта средней части южнаго полушарія звѣзднаго неба

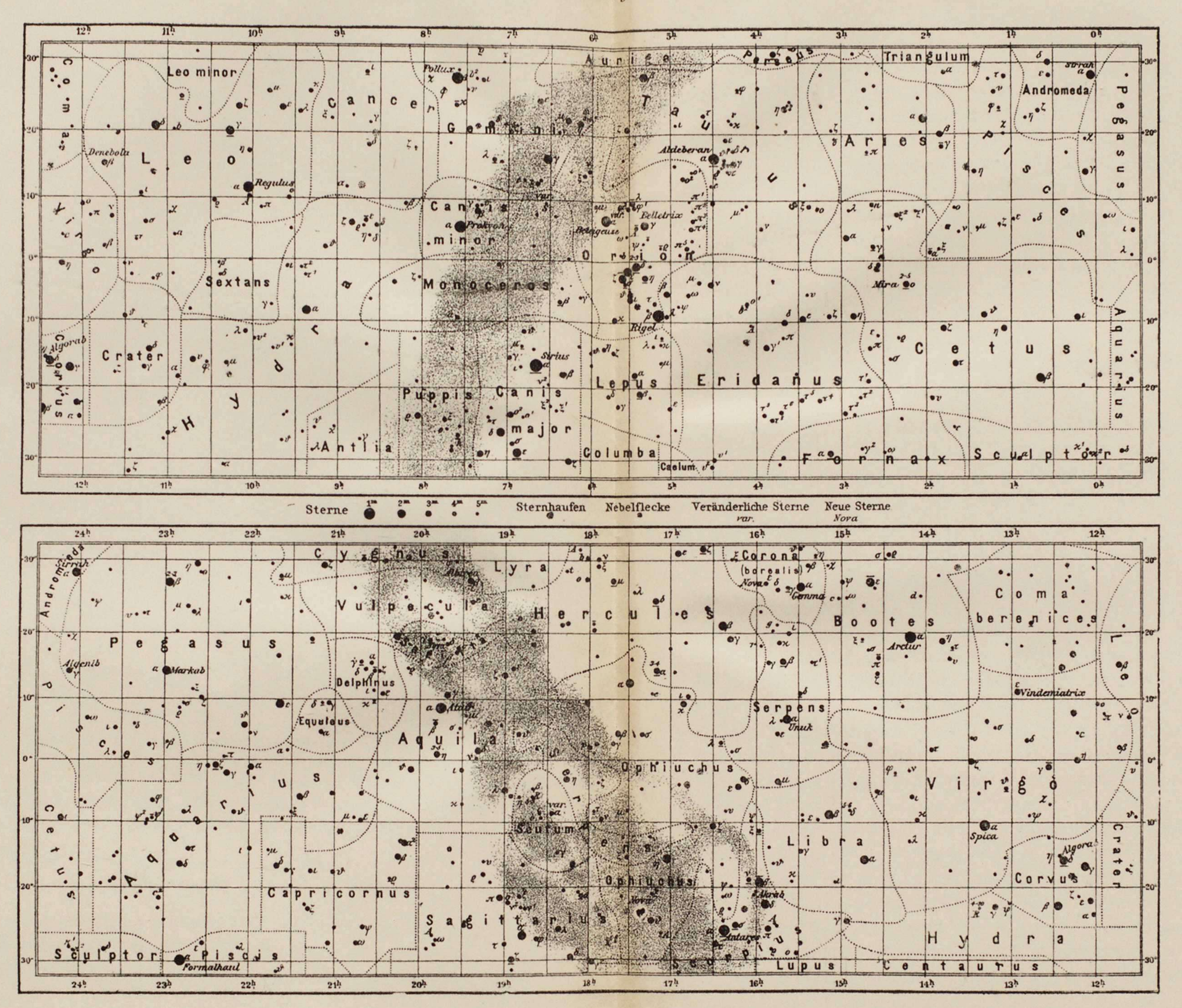
діака. Его составляютъ: Овенъ, Телецъ, Близнецы, Ракъ, Левъ, Дѣва, Вѣсы, Скорпіонъ, Стрѣлецъ, Козерогъ, Водолей и Рыбы. Слѣдующее латинское двустишіе служитъ для ихъ запоминанія:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo
Libraque, Scorpio, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Каждое изъ нихъ занимаетъ около 30 градусовъ по эклиптикѣ. Положенія и названія важнѣйшихъ созвѣздій указаны на приложенныхъ звѣздныхъ картахъ (Табл. I, рис. 2 и 3). Въ сѣ-

КАРТА ЭКВАТОРІАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЗВѢЗДНАГО НЕБА МЕЖДУ 32° СѢВ. И ЮЖН. ШИРОТЫ

по Г. Витту.



верномъ полушаріи звѣзднаго неба для оріентированія могутъ служить: Большая и Малая Медвѣдицы, Кассіопея, Возничій, Лебедь, на экваторѣ Орелъ и Оріонъ, въ южномъ полушаріи Большой Песъ и Южный Крестъ. Звѣзды обозначаются греческою буквою и именемъ созвѣздія, причемъ наиболѣе яркая звѣзда обозначается обыкновенно буквою α, вторая по яркости β, и такъ далѣе. Такъ α Lyrae есть самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Лиры; какъ очень многія болѣе яркія звѣзды, она имѣетъ и собственное имя „Вега"; α Leonis есть „Регулъ", самая яркая звѣзда Льва; α Canis majoris, самая яркая изъ всѣхъ звѣздъ, носитъ имя „Сиріусъ". Такъ какъ подобныхъ обозначеній не можетъ хватить на всѣ звѣзды, то ихъ стали обозначать нумерами, подъ которыми онѣ значатся въ болѣе обширныхъ каталогахъ; такъ напр., „Groombridge 1520" обозначаетъ звѣзду № 1520 въ каталогѣ Грумбриджа; „Lacaille 9352"—звѣзду, значащуюся въ каталогѣ Лакайля подъ 9352; „G. C. 1050"—небесный объектъ, занесенный въ General Catalogue подъ № 1050.

Яркость звѣздъ. Звѣзды обладаютъ очень различною яркостью. За единицу принята яркость Веги. Самая яркая звѣзда есть, какъ извѣстно, Сиріусъ, который, хотя и находится въ южномъ полушаріи неба, часто бываетъ видимъ (зимою) и въ нашихъ широтахъ. Его яркость, при условіяхъ, приводимыхъ ниже, выражается числомъ 4.28.

Яркость небеснаго объекта находится въ очень большой зависимости отъ его высоты надъ горизонтомъ: съ высотою измѣняется толща воздуха, которую должны пройти лучи, прежде чѣмъ достигнуть нашего глаза. Это явленіе замѣтно рѣзче всего на лунѣ и солнцѣ, которыя у горизонта кажутся гораздо темнѣе, чѣмъ высоко на небѣ. По той же причинѣ и звѣзды на высокихъ горахъ сіяютъ гораздо ярче, чѣмъ на уровнѣ моря; точно такъже созвѣздія, напримѣръ Плеяды, кажутся гораздо богаче звѣздами, чѣмъ мы привыкли ихъ видѣть, если наблюдать ихъ съ мѣстъ, расположенныхъ высоко въ горахъ. Такъ на обсерваторіи въ Арекипѣ (Arequipa) на Перуанскомъ плоскогоріи (2457 м. надъ уровнемъ моря) въ группѣ Плеядъ видно 11 звѣздъ, тогда какъ съ уровня моря ихъ можно насчитать только пять, и лишь при благопріятныхъ условіяхъ — при очень чистомъ воздухѣ — семь. Это обстоятельство повело къ тому, что лучшія обсерваторіи стали устраивать на высокихъ мѣстахъ; такова, напримѣръ, обсерваторія Лика (Lick) на горѣ Гамильтонъ (Hamilton 1480 м.), об-

серваторіи на Этнѣ и Монбланѣ (2942 и 4600 м. высоты) и названная выше обсерваторія въ Арекипѣ. Этимъ именно обсерваторіямъ мы и обязаны наибольшими успѣхами современной астрономіи.

Аргеландеръ (Argelander) первый началъ безъ помощи инструментовъ численно оцѣнивать яркость звѣздъ, и установилъ классы яркости. Къ первому классу — самыхъ яркихъ звѣздъ—относится 20 звѣздъ, ко второму 51, къ третьему 200, къ четвертому 595, къ пятому 1213 и къ шестому, въ который входятъ самыя слабыя звѣзды, видимыя еще простымъ глазомъ, 3640. Впослѣдствіи яркость различныхъ звѣздъ стали опредѣлять путемъ точныхъ фотометрическихъ измѣреній. Съ этою цѣлью звѣзду наблюдаютъ въ телескопъ, въ которомъ видно также изображеніе маленькой свѣтящейся точки, образованное отраженіемъ. Изображенія звѣзды и свѣтящейся точки, такъ называемой искусственной звѣзды, ясно видны одно возлѣ другого. На пути свѣтового луча отъ свѣтящейся точки помѣщены двѣ Николевы призмы. Если плоскость поляризаціи обоихъ Николей совпадаетъ, то свѣтъ проходитъ черезъ нихъ безъ всякаго ослабленія; если-же, наоборотъ, плоскости поляризаціи взаимно перпендикулярны, то свѣтъ исчезаетъ совершенно. Вообще если плоскости поляризаціи образуютъ между собою уголъ въ α градусовъ, то яркость равна

$$J\cos^2\alpha,$$

гдѣ J означаетъ яркость искусственной звѣзды при совпаденіи обѣихъ плоскостей поляризаціи. Посредствомъ вращенія одной изъ Николевыхъ призмъ можно произвольно измѣнять уголъ между ихъ плоскостями поляризаціи; этотъ уголъ можетъ быть измѣренъ отсчетомъ связаннаго съ призмой раздѣленнаго круга.

Такимъ образомъ, если яркость J больше яркости изслѣдуемой звѣзды, то вращеніемъ Николевой призмы не трудно получить такую величину $J\cos^2\alpha$, что обѣ звѣзды будутъ казаться одинаково яркими. Если затѣмъ, сравнивая другую звѣзду съ искусственной, мы найдемъ, что теперь призму нужно повернуть на уголъ α', то яркости этихъ двухъ звѣздъ будутъ относиться между собою, какъ $\cos^2\alpha : \cos^2\alpha'$. Этотъ фотометръ изобрѣтенъ Цёлльнеромъ (Zöllner).

Такъ какъ звѣзды часто бываютъ различныхъ цвѣтовъ, а яркость различно окрашенныхъ предметовъ сравнивать очень трудно, то Цёлльнеръ устроилъ приспособленіе, позволяющее произвольно измѣнять цвѣтъ искусственной звѣзды.

Путемъ такихъ измѣреній нашли, что звѣзды перваго класса свѣтятъ въ среднемъ приблизительно въ 2.52 раза ярче звѣздъ второго класса; послѣднія опять приблизительно въ 2.52 раза ярче звѣздъ третьяго класса, и т. д.

Что касается абсолютной силы звѣзднаго излученія, то Цёлльнеръ нашелъ что свѣтъ солнца приблизительно въ 56000 милліоновъ разъ ярче свѣта Капеллы, а Вега, сила свѣта которой принята за единицу, превосходитъ Капеллу приблизительно на 18 процентовъ. Слѣдовательно, Вега свѣтитъ приблизительно въ 46000 милліоновъ разъ слабѣе солнца. Самая яркая изъ звѣздъ, Сиріусъ, слабѣе солнца приблизительно въ 11000 милліоновъ разъ.

Положенія звѣздъ. Давно уже положенія звѣздъ стали вноситься въ особыя росписи (каталоги). За полтора вѣка до начала нашей эры Гиппархъ, при помощи простыхъ инструментовъ, опредѣлилъ положенія болѣе 1000 звѣздъ. Этотъ списокъ, сохранившійся до нашего времени, даетъ очень цѣнный матеріалъ для опредѣленія измѣненій въ положеніяхъ неподвижныхъ звѣздъ, которыя произошли за истекшія 2000 лѣтъ. Въ серединѣ XV вѣка тѣ же звѣзды наблюдалъ Улугъ-Бей. Въ новѣйшее время было произведено большое количество точныхъ опредѣленій мѣстъ все возростающаго числа звѣздъ. Очень цѣнныя данныя относительно положеній звѣздъ содержитъ каталогъ Брадлея (Bradley) 1755 г. Величайшими же предпріятіями новаго времени въ этомъ отношеніи являются каталожныя работы Аргеландера и поясной каталогъ (Zonencatalog) Астрономическаго общества, въ который внесены всѣ звѣзды до девятой величины и надъ которымъ совмѣстно работали болѣе значительныя обсерваторіи всѣхъ цивилизованныхъ націй.

Но величайшимъ успѣхомъ въ этой области является фотографическое изображеніе звѣзднаго неба. Парижскій международный конгрессъ астрономовъ 1887 г. рѣшилъ сдѣлать фотографическіе снимки всего неба, на которыхъ вышли бы звѣзды до 13 величины. Этимъ путемъ будутъ опредѣлены для нашего времени положенія около трехъ милліоновъ звѣздъ. При одной и той же экспозиціи болѣе яркія звѣзды даютъ на фотографической пластинкѣ большія и болѣе темныя изображенія, чѣмъ менѣе яркія. Это даетъ средство сравнивать яркости различныхъ звѣздъ фотографически.

Такъ какъ на фотографическую пластинку всего сильнѣе химически дѣйствуютъ синіе, фіолетовые и ультра-фіолетовые лучи,

на глазъ же желтые и зеленые лучи, то яркость звѣзды, измѣренная фотографически, вообще не вполнѣ совпадаетъ съ яркостью, измѣренною оптическимъ путемъ. Необходимо поэтому пользоваться и тѣмъ и другимъ методомъ.

Относительное количество звѣздъ различныхъ величинъ. Такъ какъ яркость свѣтящейся точки обратно пропорцiональна квадрату разстоянiя, на которомъ мы ее наблюдаемъ, то звѣзды второй величины должны быть въ среднемъ удалены въ $\sqrt{2.52}$, т. е. въ 1.59 разъ больше, чѣмъ звѣзды первой величины. При этомъ предполагается, и въ общемъ справедливо, что звѣзды различныхъ величинъ излучаютъ въ среднемъ одинаковое количество свѣта. Относительныя разстоянiя звѣздъ шести первыхъ величинъ должны, въ этомъ предположенiи, относиться между собою, какъ числа:

$$1 : 1.59 : 2.52 : 4.00 : 6.35 : 10.08.$$

Если бы звѣзды были распредѣлены въ пространствѣ равномѣрно, то ихъ число въ шарѣ съ радiусомъ 2 должно было бы превышать въ 8 разъ число звѣздъ въ шарѣ съ радiусомъ 1, и вообще въ шарѣ радiуса r должно было бы находиться звѣздъ въ r^3 разъ больше, чѣмъ въ шарѣ радiуса единицы. За шаръ радiуса 1 примемъ тотъ, въ которомъ находятся звѣзды первой величины; тогда число звѣздъ первой величины должно относиться къ числу звѣздъ первой и второй величинъ вмѣстѣ и т. д., какъ:

$$1 : (1.59)^3 : (2.52)^3 : (4.00)^3 : (6.35)^3 : (10.08)^3,$$

или

$$1 : 4 : 16 : 64 : 256 : 1024.$$

Иными словами, число звѣздъ какой нибудь величины должно быть въ 3 раза больше числа звѣздъ всѣхъ предшествующихъ величинъ вмѣстѣ. Но въ дѣйствительности вмѣсто числа 3 мы находимъ слѣдующiя:

$$\frac{51}{20} = 2.55; \quad \frac{200}{71} = 2.82; \quad \frac{595}{271} = 2.20; \quad \frac{1213}{866} = 1.40; \quad \frac{3640}{2079} = 1.75;$$

всѣ эти числа значительно меньше 3.

Это обстоятельство указываетъ на одно изъ двухъ: либо распредѣленiе звѣздъ въ пространствѣ не равномѣрно, либо же неправильно предположенiе, что сила свѣта обратно пропорцiональна квадрату разстоянiя. Допуская даже возможность перваго, многiе астрономы считаютъ указанную разницу слишкомъ большою, чтобы ее можно было объяснить только неравномѣрностью

распредѣленія звѣздъ. Поэтому нужно считать въ извѣстной мѣрѣ основательнымъ и второе предположеніе. Проще всего можно было бы объяснить это присутствіемъ въ пространствѣ вещества, поглощающаго свѣтъ. Это свѣтопоглощающее вещество не можетъ быть, конечно, газообразнымъ, потому что въ такомъ случаѣ его спектръ поглощенія былъ бы виденъ въ спектрахъ всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ; между тѣмъ, этого, какъ мы увидимъ, на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Оно должно быть, значитъ, твердымъ или жидкимъ, т. е. должно вызывать нѣкоторое общее ослабленіе (объ этомъ еще будетъ рѣчь ниже).

Многія обстоятельства, повидимому, указываютъ на то, что въ пространствѣ существуютъ минимальные слѣды подобнаго вещества; а при огромныхъ разстояніяхъ неподвижныхъ звѣздъ уже и самыхъ ничтожныхъ количествъ было бы достаточно для значительнаго поглощенія свѣта.

Діаметръ солнца, если смотрѣть на него съ земли, равняется въ среднемъ 31′59″ или 1919″. Слѣдовательно, на разстояніи одного свѣтового года, діаметръ солнца былъ бы виденъ подъ угломъ 1919″ : 63000 = 0.03″. Но ближайшія звѣзды, какъ мы увидимъ ниже, находятся на разстояніи приблизительно 4 свѣтовыхъ годовъ. Для того же, чтобы мы могли измѣрить діаметръ звѣзды современными средствами, онъ долженъ быть не менѣе 0.2″. Отсюда понятно, что такія звѣзды, чтобы не казаться просто свѣтящимися точками, должны имѣть діаметръ въ 25 разъ большій, нежели солнце; неудивительно поэтому, что звѣзды въ зрительныя трубы кажутся только свѣтящимися точками. Простому глазу, правда, кажется, что онѣ имѣютъ замѣтные размѣры и лучи; но это слѣдуетъ отнести къ явленіямъ диффракціи и преломленія въ атмосферѣ и въ самомъ глазу. Размѣры звѣздъ для простого глаза такъ обманчивы, что Кеплеръ и Тихо Браге приписывали звѣздамъ извѣстные діаметры, напр. Сиріусу 4′ и 2′ 20″.

Звѣздные параллаксы. Вообразимъ звѣзду, лежащую какъ разъ на оси эклиптики, и представимъ себѣ движеніе земли, видимое съ этой звѣзды. Земля будетъ описывать вокругъ солнца кругъ, діаметръ котораго будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше находится звѣзда. Соотвѣтственно этому линія зрѣнія звѣзды земли будетъ описывать конусъ около оси эклиптики. Это движеніе линіи зрѣнія мы можемъ наблюдать на землѣ, какъ и на звѣздѣ. Именно, намъ будетъ казаться, что звѣзда описываетъ на небѣ небольшой кругъ. Неподвижныя звѣзды, расположенныя въ

плоскости эклиптики, по той же причинѣ будутъ казаться движущимися по прямой линіи; а звѣзды, занимающія среднее положеніе, будутъ описывать эллипсы. Большая ось этого эллипса будетъ одна и та же для всѣхъ звѣздъ, находящихся отъ насъ на одинаковомъ разстояніи. Звѣзды на безконечно-большомъ разстояніи будутъ представляться неподвижными. Звѣзды, лежащія ближе къ намъ, будутъ казаться движущимися на небѣ по небольшимъ эллипсамъ. Большая полуось этого эллипса называется параллаксомъ звѣзды.

Аберрація. Коперникъ, Тихо Браге и Галилей предвидѣли явленія параллакса. Но послѣдователи Галилея напрасно старались открыть такое движеніе, пока наконецъ въ началѣ XVIII вѣка Брадлей не подмѣтилъ сходнаго движенія у одной звѣзды. При ближайшемъ изслѣдованіи онъ нашелъ, однако, что это движеніе происходило не такъ, какъ это слѣдовало по вычисленію. Чтобы уяснить себѣ эту разницу, представимъ себѣ звѣзду (A), лежащую какъ разъ въ эклиптикѣ. При движеніи земли по кругу $E\ C\ E'\ G\ E$ (рис. 4) звѣзда будетъ перемѣщаться по прямой линіи ab на безконечно-далекой, такъ называемой небесной сферѣ.

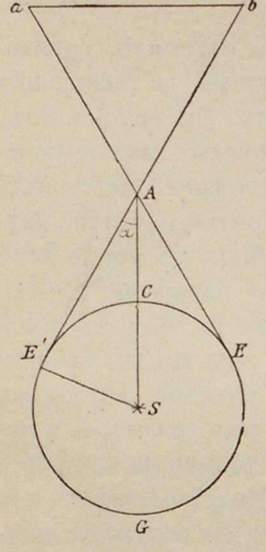


Рис. 4.

Звѣзда (A) будетъ проектироваться въ точку a, когда земля находится въ E, и въ точку b, когда земля будетъ въ E'. Съ пунктовъ C и G звѣзда будетъ казаться въ серединѣ отрѣзка ab. Брадлей же нашелъ, что наблюдавшаяся имъ звѣзда двигалась какъ разъ наоборотъ: среднее положеніе она занимала тогда, когда земля находилась въ E и E', а крайнія, когда земля находилась въ C и G.

Этотъ фактъ объясняется слѣдующимъ образомъ. Предположимъ, что изъ точки A (рис. 5) выброшена въ направленіи AB пуля со скоростью v. Въ B установлена трубка BC, въ которую должна попасть пуля и притомъ такъ, чтобы пройти по оси трубки. Если трубка неподвижна, то ея ось BC, очевидно, должна лежать на продолженіи AB. Но если трубка движется со скоростью a перпендикулярно къ направленію AB, то точка B должна находиться прямо подъ A въ тотъ моментъ, когда достигнетъ туда и пуля; точка же C—только тогда, когда пуля

достигнетъ C'. Если h обозначаетъ разницу высотъ B и C', то пуля должна употребить для прохожденія отрѣзка BC' время h/v. За это время C уклонится влѣво (изъ C въ C') на разстояніе $a\frac{h}{v}$. Отсюда слѣдуетъ, что трубка BC должна быть отклонена на нѣкоторый уголъ α отъ вертикальнаго направленія, причемъ, очевидно

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{CC'}{BC.} = \frac{a}{v}$$

Во времена Брадлея думали, что лучи свѣта состоятъ изъ частицъ, выбрасываемыхъ источниками свѣта, и тогда приведенный выше выводъ былъ вполнѣ законенъ. Теперь, однако, мы придерживаемся того взгляда, что свѣтовые лучи производятся поперечными колебаніями свѣтового эфира. Но не трудно видѣть, что вслѣдствіе прямолинейности распространенія свѣта въ пустомъ пространствѣ имѣютъ мѣсто тѣ же условія, что и для упомянутой пули; эти условія сохраняются и въ воздухѣ, если его движеніе не мѣшаетъ движенію свѣта, какъ оно и есть на самомъ дѣлѣ. Значитъ, если мы станемъ наблюдать звѣзду въ направленіи BA и если наша труба движется съ извѣстною скоростью (a) перпендикулярно къ свѣтовому лучу, то намъ придется наклонить телескопъ къ линіи, соединяющей звѣзду съ мѣстомъ наблюденія на нѣкоторый уголъ α, причемъ

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{v},$$

гдѣ v означаетъ скорость свѣта. Если движеніе трубы происходитъ отъ движенія земли по орбитѣ въ C, то α есть скорость земли въ ея орбитѣ, равная, какъ мы видѣли выше, 29.7 км. въ секунду. Слѣдовательно

$$\operatorname{tg}\alpha = 29{,}7 : 300000 = \operatorname{tg} 20.5''.$$

Въ точкѣ g (рис. 4) уклоненіе будетъ имѣть ту же величину, но будетъ направлено въ обратную сторону, такъ что все смѣщеніе составляетъ 41″. И дѣйствительно, всѣ изслѣдованныя Брадлеемъ звѣзды описывали эллипсы, большія оси которыхъ были въ 41″, т. е. какъ разъ только что вычисленной величины. Величина 20.5″ называется аберраціей. Существованіе аберраціи представляетъ, очевидно, очень вѣское доказательство движенія земли вокругъ солнца.

Рис. 5.

Измѣренія параллаксовъ и разстояній звѣздъ. Однако, эти измѣренія не дали указаній для оцѣнки

разстояній звѣздъ. Видимое движеніе, обусловленное этой причиной, значительно меньше аберраціи. Параллаксъ (α) звѣзды опредѣляется слѣдующимъ очевиднымъ соотношеніемъ: пусть D означаетъ разстояніе SA (рис. 4) звѣзды отъ солнца, а R длину SE' радіуса земной орбиты; тогда

$$\operatorname{tg}\alpha = \sin\alpha = \frac{R}{D}.$$

Уголъ α въ данномъ случаѣ всегда такъ малъ, что можно положить $\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha$. Углу α въ одну дуговую секунду отвѣчаетъ величина D, равная 206 265 радіусамъ земной орбиты. Наибольшіе изъ измѣренныхъ параллаксовъ звѣздъ не достигаютъ и секунды, т. е. совершенно ничтожны въ сравненіи съ аберраціей. Обыкновенно опредѣляютъ не абсолютныя ихъ величины (изъ положеній луча зрѣнія относительно оси міра), а относительныя [1]). Этимъ избѣгается необходимость вносить поправки за аберрацію и многія случайныя ошибки. При этомъ предполагаютъ, что болѣе слабыя звѣзды, по крайней мѣрѣ въ большинствѣ, удалены такъ значительно, что не имѣютъ замѣтныхъ параллаксовъ. Положеніе звѣзды, параллаксъ которой измѣряютъ, опредѣляется по отношенію къ этимъ послѣднимъ звѣздамъ, которыя мы считаемъ неподвижными (т. е. не имѣющими параллакса). Измѣненія этого положенія даютъ величину параллакса.

Первымъ удачнымъ опредѣленіемъ параллакса мы обязаны Бесселю (Bessel), который наблюдалъ двойную звѣзду 61 въ Лебедѣ и нашелъ для нея параллаксъ въ 0.348″. Съ цѣлью показать, какъ невелика точность этихъ измѣреній, мы приводимъ различныя опредѣленія для этой звѣзды:

0.314″ и 0.348″ (Бессель), 0.360″ и 0.349″ (Петерсъ, Peters), 0.564″ (Ауверсъ, Auwers), 0.468″ (Болль, Ball), 0.270″ (А. Голль, A. Hall), 0.429″ (Причардъ, Pritchard) и 0.525″ (Бѣлопольскій).

Въ среднемъ эти числа даютъ около 0.4″. Поэтому разстояніе этой звѣзды отъ солнца должно быть не меньше 500 000 земныхъ радіусовъ, или 8 свѣтовыхъ годовъ круглымъ числомъ.

Изъ всѣхъ изслѣдованныхъ звѣздъ наибольшій параллаксъ, не достигающій все же и одной секунды дуги (0.8″), имѣетъ α Центавра, третья по яркости между всѣми звѣздами (на 33 процента ярче Веги); ея разстояніе, слѣдовательно, равно приблизительно 4 свѣтовымъ годамъ. Ближайшихъ звѣздъ, т. е. звѣздъ съ большимъ параллаксомъ, искали, естественно, между самыми яркими.

---

[1]) Т. е. изъ положеній луча зрѣнія данной звѣзды относительно сосѣднихъ.

Но что не всегда наиболѣе яркія звѣзды обладаютъ и наибольшими параллаксами, доказано недавнимъ открытіемъ Шура (Schur [1]), который нашелъ въ Лебедѣ одну звѣзду всего 8-й величины, но удаленную отъ солнца только на 7 свѣтовыхъ годовъ. Для сравненія можно прибавить, что Сиріусъ, далеко превосходящій блескомъ всѣ остальныя звѣзды, отстоитъ приблизительно на 8 свѣтовыхъ годовъ (параллаксъ 0.38″).

Вега должна находиться на разстояніи около 20 свѣтовыхъ годовъ (параллаксъ 0.15″); Капелла, обладающая яркостью въ 82% яркости Веги, имѣетъ параллаксъ 0.053″, слѣдовательно, удалена на разстояніе около 56 свѣтовыхъ годовъ. Канопусъ (α Carinae), съ параллаксомъ, едва поддающимся измѣренію (0.03″), долженъ находиться на разстояніи около 100 свѣтовыхъ годовъ, хотя это самая яркая звѣзда послѣ Сиріуса. Абсолютно эта звѣзда должна быть гораздо больше всѣхъ остальныхъ звѣздъ I величины.

Было бы, разумѣется, въ высшей степени важно знать параллаксы возможно болѣе точно. До сихъ поръ нельзя получить сколько-нибудь достовѣрной оцѣнки разстояній огромнаго большинства звѣздъ.

Абсолютная яркость звѣздъ и солнца. Мы можемъ составить себѣ представленіе объ абсолютномъ количествѣ свѣта, излучаемаго ближайшими къ намъ неподвижными звѣздами, сравнивая его съ количествомъ свѣта, излучаемаго солнцемъ. Возьмемъ для этого четыре звѣзды: Сиріусъ, α Центавра, Вегу и Капеллу. Ихъ видимая яркость, какъ легко вычислить на основаніи приведенныхъ раньше цифръ, въ 11000, 34000, 46000 и 56000 милліоновъ разъ меньше яркости солнца. Ихъ разстоянія равны 12, 4, 20 и 56 свѣтовымъ годамъ. А такъ какъ видимая яркость свѣтящагося тѣла обратно пропорціональна квадрату разстоянія, то наше солнце, съ разстоянія Сиріуса, освѣщало бы землю въ $(12 \times 63\,000)^2 = 577\,000$ милліоновъ разъ слабѣе, чѣмъ теперь. Абсолютно солнце оказывается, такимъ образомъ, въ 53 раза слабѣе Сиріуса. Этимъ же путемъ можно найти, что на разстояніи α Центавра, Веги и Капеллы оно было бы въ 1.88,35 и 224 раза слабѣе этихъ звѣздъ.

Такъ какъ яркость этихъ четырехъ звѣздъ выражается чи-

[1]) Открытіе Schur'a не было подтверждено позднѣйшими наблюдателями: Barnard и Bergstrand, независимо повѣрявшіе его, не нашли у этой звѣзды никакихъ слѣдовъ замѣтнаго параллакса. Но достаточной иллюстраціей мысли автора является и сама звѣзда 61 Лебедя, параллаксъ которой превосходитъ параллаксы всѣхъ звѣздъ первой величины за исключеніемъ α Центавра, хотя по яркости она всего 6 величины.

слами 4.28, 1.33, 1.00 и 0.82, то яркость солнца, перенесеннаго на ихъ разстоянія, выразится слѣдующими числами:

0.0815, 0.706, 0.0287 и 0.00365.

Слѣдовательно, еслибы солнце было удалено отъ насъ на разстояніе ближайшей неподвижной звѣзды, оно свѣтило бы звѣздою первой величины (приблизительно, какъ Проціонъ, α Canis minoris). На разстояніи Сиріуса оно казалось бы звѣздой между второй и третьей величинами, на разстояніи Веги—пятой, и на разстояніи Капеллы—шестой величины. Слѣдовательно, въ послѣднемъ случаѣ солнце было бы какъ разъ на предѣлѣ видимости простымъ глазомъ. Приведемъ нѣсколько относящихся сюда цифръ по новѣйшимъ измѣреніямъ. Здѣсь π означаетъ параллаксы, D разстоянія данныхъ звѣздъ, выраженныя въ свѣтовыхъ годахъ, и S величину солнца съ разстоянія данной звѣзды.

Звѣзда	π	D	S
Альдебаранъ	0.107″	30.5	5.1
Капелла	0.081	40.2	5.7
Бетельгейзе	0.023	141.7	8.4
Проціонъ	0.325	10.0	2.6
Поллуксъ	0.056	58.2	6.5
Регулъ	0.092	35.4	5.4
Арктуръ	0.024	135.8	8.3
Вега	0.082	39.7	5.7
Атаиръ	0.231	14.1	3.4.

Приведенныхъ цифръ достаточно, чтобы видѣть, какъ скромна яркость солнца, кажущаяся намъ огромною, если ее мѣрить космическими мѣрами. Съ растоянія Бетельгейзе или Арктура, излучающихъ свѣта почти въ 1500 разъ больше солнца, послѣднее было бы абсолютно невидимо простымъ глазомъ.

Собственное движеніе звѣздъ. Теперь мы переходимъ къ другому очень интересному вопросу, именно: мѣняютъ ли звѣзды дѣйствительно свое мѣсто помимо указанныхъ выше кажущихся движеній, или же онѣ дѣйствительно заслуживаютъ свое названіе неподвижныхъ звѣздъ?

Этотъ вопросъ можно рѣшить путемъ сравненія нынѣшняго положенія какой-нибудь звѣзды съ ея положеніемъ по старымъ измѣреніямъ. Древнѣйшія наблюденія Гиппарха, хотя и не очень точныя, въ данномъ случаѣ имѣютъ большую цѣну, благодаря своей древности. Со временъ Гиппарха яркая звѣзда Арктуръ сдвинулась не менѣе, чѣмъ на $1^1/_4$ градуса, т. е. на $2^1/_2$ поперечника

полной луны. Казалось бы правильнымъ предположить, что наиболѣе яркія звѣзды, какъ въ общемъ наиболѣе близкія къ намъ, обладаютъ и наибольшимъ собственнымъ движеніемъ. Ибо при равной абсолютной скорости различныхъ звѣздъ угловая скорость должна быть въ среднемъ обратно пропорціональна разстоянію. Удивительно, однако, что наибольшимъ собственнымъ движеніемъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ лучу зрѣнія, обладаютъ три слабыя звѣзды. Первая изъ нихъ, 8-ой величины, открыта Каптейномъ (Kapteyn) (прямое восхожденіе $5^ч\ 7^м$, склоненіе -45^0) въ созвѣздіи Голубя; второй является звѣзда 7-й величины (прямое восхожденіе $11^ч\ 47^м$, склоненіе $+ 38^0\ 26'$), называемая по каталогу „Groombridge 1830".

Эти звѣзды перемѣщаются не меньше, чѣмъ на 8.7″ и 7.9″ въ годъ. Затѣмъ идетъ звѣзда „Lacaille 9352" съ 6.9″. Параллаксы двухъ послѣднихъ звѣздъ равны 0.127″ и 0.285″, соотвѣтствуя разстояніямъ въ 25 и 9 свѣтовыхъ годовъ. Значитъ, онѣ, хотя и совсѣмъ слабы, все же находятся отъ насъ очень близко.

Въ числѣ звѣздъ съ большимъ собственнымъ движеніемъ находятся также и звѣзды съ большими параллаксами, названныя выше 61 Лебедя и α Центавра, — ихъ собственныя движенія составляютъ 5.2″ и 3.7″. Напротивъ, Сиріусъ имѣетъ собственное движеніе только въ 1.25″, Капелла 0.44″ и Вега 0.35″ въ годъ. Очень большое собственное движеніе, 2.28″ въ годъ, имѣетъ Арктуръ (α Волопаса) съ параллаксомъ всего въ 0.024″. По извѣстнымъ параллаксу и собственному движенію мы можемъ вычислить абсолютную скорость этихъ звѣздъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ лучу зрѣнія. Мы находимъ для

Арктура	450	км.	въ	сек.
Groombridge 1830	280	„	„	„
Lacaille 9352	109	„	„	„
61 Лебедя	60	„	„	„
Капеллы	35	„	„	„
α Центавра	22.5	„	„	„
Сиріуса	22.5	„	„	„
Веги	10	„	„	„

Колоссальная скорость, съ которою несется въ пространствѣ Арктуръ, больше всѣхъ извѣстныхъ намъ скоростей. Въ виду возможной неточности въ опредѣленіи параллакса, она можетъ быть невѣрна на половину своей величины.

Благодаря собственному движенію звѣздъ, видъ звѣзднаго неба постепенно измѣняется. Это измѣненіе за историческое время, конечно, не очень замѣтно; но допуская, что смѣщеніе неподвижныхъ звѣздъ происходитъ по прямой линіи съ постоянною скоростью, можно легко вычислить измѣненія, которыя должны произойти за болѣе обширный періодъ времени. Такимъ путемъ можно возстановить, напр., видъ своеобразной фигуры Большой Медвѣдицы 50 000 лѣтъ тому назадъ и ея вѣроятный видъ черезъ 50 000 лѣтъ. Это даютъ приложенныя фигуры I и III (на рис. 6), тогда какъ средняя фигура II изображаетъ хорошо извѣстный нынѣшній видъ этого созвѣздія [1]).

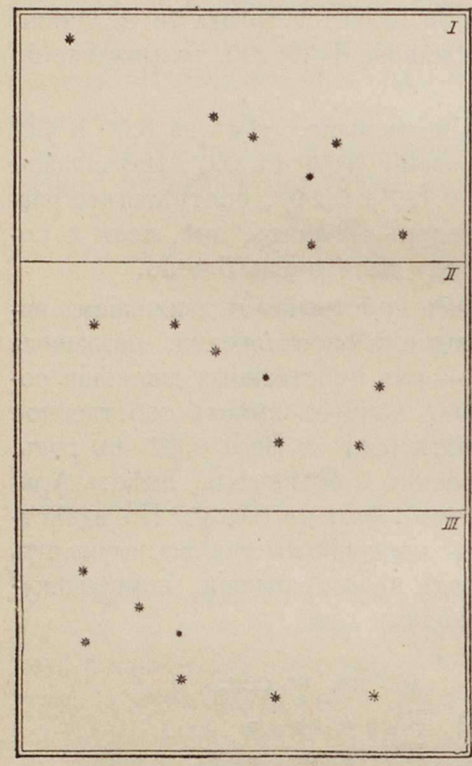


Рис. 6.

Если, какъ въ данномъ случаѣ, нѣсколько близкихъ другъ къ другу звѣздъ имѣютъ не одинаковыя собственныя движенія, то отсюда можно заключить, что между ними нѣтъ внутренней связи. Если же, наоборотъ, нѣсколько сосѣднихъ звѣздъ перемѣщаются параллельно другъ другу, такъ что конфигурація созвѣздія съ теченіемъ времени не измѣняется, то мы имѣемъ основаніе предполагать, что эти звѣзды принадлежатъ одной и той же звѣздной системѣ. Это имѣетъ мѣсто, напр., для звѣздъ красивой группы Плеядъ.

Естественно, конечно, предполагать, что болѣе яркія звѣзды лежатъ къ намъ ближе менѣе яркихъ, и что равнымъ образомъ звѣзды на различныхъ разстояніяхъ обладаютъ въ среднемъ оди-

[1]) Приведенные рисунки, конечно, не могутъ претендовать на точность: положенное въ основу ихъ предположеніе прямолинейности собственныхъ движеній врядъ ли можетъ считаться основательнымъ для такихъ большихъ промежутковъ времени. Кривизна собственныхъ движеній звѣздъ не можетъ подлежать сомнѣнію и вопросъ лишь во времени, за которое она можетъ обнаружиться. Періодъ въ 50 000 лѣтъ, надо думать, вполнѣ достаточенъ для этого обнаруженія.

наковымъ абсолютнымъ собственнымъ движенiемъ. Отсюда слѣдуетъ, что наиболѣе яркiя звѣзды должны обладать и большимъ относительнымъ собственнымъ движенiемъ, если выразить его въ угловой мѣрѣ. Ибо, если изъ двухъ небесныхъ тѣлъ, движущихся съ одинаковою скоростью перпендикулярно къ лучу зрѣнiя, одно находится вдвое ближе другого, то оно опишетъ на небѣ въ то же время и вдвое большую дугу, чѣмъ второе. Это подтверждается и наблюденiемъ, какъ показываетъ слѣдующее сопоставленiе средняго годичнаго собственнаго движенiя звѣздъ различныхъ величинъ каталога Брадлея.

65	звѣздъ первой и второй величины	0.222″
154	„ третьей величины	0.168
312	„ четвертой „	0.137
696	„ пятой „	0.111
994	„ шестой „	0.090
921	„ седьмой „	0.086.

Уменьшенiе собственнаго движенiя съ убыванiемъ яркости выражено здѣсь очень ясно. Однако, оно во всякомъ случаѣ не такъ велико, какъ можно было бы ожидать, если бы разстоянiя звѣздъ одной величины были въ среднемъ въ 1.59 раза больше, чѣмъ ближайшей предшествующей.

Вмѣсто отношенiя 1.59 между двумя смежными по величинѣ классами изъ приведенныхъ выше цифръ получается средняя величина всего только 1.21.

Для сравненiя съ послѣдней таблицей можно привести сдѣланное Каптейномъ вычисленiе среднихъ параллаксовъ звѣздъ различныхъ величинъ. При этомъ Каптейнъ различаетъ звѣзды перваго и второго спектральныхъ типовъ, бѣлыя и желтоватыя (ср. дальше стр. 24—25). Данныя имъ числа суть:

Фотометрическая величина	Параллаксы звѣздъ 1 типъ	2 типъ	Общее среднее
1.0	0.0446″	0.1010″	0.0750″
2.0	0.0315	0.0715	0.0530
3.0	0.0223	0.0505	0.0375
4.0	0.0157	0.0357	0.0265
5.0	0.0111	0.0253	0.0187
6.0	0.0079	0.0179	0.0132
7.0	0.0056	0.0126	0.0094
8.0	0.0039	0.0089	0.0066
9.0	0.0028	0.0063	0.0047.

Величины для высшихъ классовъ получены экстраполяціей изъ формулы, выражающей, что звѣзда одной величины имѣетъ параллаксъ въ $\sqrt{2}$ раза больше, чѣмъ звѣзда слѣдующей величины. Иными словами: средняя яркость звѣздъ одной величины должна быть въ этомъ предположеніи вдвое больше яркости звѣздъ слѣдующаго класса. Величина 6.0 по фотометрическому опредѣленію соотвѣтствуетъ той же величинѣ и по оцѣнкѣ Аргеландера.

Какъ показываетъ таблица, звѣзды 2 типа (желтоватыя) находятся приблизительно въ 2.25 разъ ближе къ намъ, чѣмъ звѣзды I типа той же яркости.

Спектральный анализъ. При помощи спектроскопа удалось опредѣлить абсолютныя скорости звѣздъ въ направленіи луча зрѣнія; способъ этого опредѣленія подробнѣе будетъ описанъ ниже. Полученныя этимъ путемъ величины оказываются того же порядка, что и для движенія, перпендикулярнаго къ лучу зрѣнія.

Если разсматривать узкую полоску свѣта черезъ прозрачную призму, ребра которой параллельны полоскѣ, то мы увидимъ такъ называемый спектръ. Прошедшій черезъ щель свѣтъ разлагается въ немъ на свои составные цвѣта отъ краснаго до фіолетоваго. Если при помощи одной или нѣсколькихъ линзъ получить изображеніе полоски и на пути свѣтовыхъ лучей помѣстить призму, то получится объективный спектръ, составленный изъ расположенныхъ рядомъ изображеній щели въ разныхъ цвѣтахъ. Его можно принять на фотографическую пластинку и такимъ образомъ получить фотографію спектра. На такомъ фотографическомъ изображеніи получаются не только видимыя, особенно лежащія ближе къ фіолетовому концу спектра, части его, но также и расположенныя за предѣлами видимаго спектра, такъ называемыя ультра-фіолетовыя. Этотъ спектръ, или его фотографическое изображеніе, даетъ намъ указаніе на то, какіе сорта свѣта проходятъ черезъ щель. Если во взятомъ источникѣ свѣта не достаетъ того или другого сорта свѣта, то это обнаружится тѣмъ, что въ соотвѣтственной части спектра получится темное мѣсто. Если въ спектрѣ отсутствуютъ только немногія части смежныхъ длинъ волны, то темное мѣсто будетъ узкимъ, въ видѣ линіи; если же недостаетъ свѣта многихъ смежныхъ длинъ волны, то въ спектрѣ получатся болѣе широкія темныя полосы. Въ свѣтѣ, излучаемомъ твердыми или жидкими тѣлами, является характернымъ отсутствіе вообще какихъ бы то ни было темныхъ линій

или полосъ. Исключенie изъ этого правила составляютъ только соединенія нѣсколькихъ рѣдкихъ земельныхъ металловъ (Erdartmetalle), что впрочемъ не имѣетъ значенія для Физики Неба. Поэтому спектръ раскаленнаго твердаго или жидкаго тѣла называютъ сплошнымъ. Чѣмъ выше температура раскаленнаго тѣла, тѣмъ интенсивнѣе становится болѣе преломляемый (синій) конецъ спектра. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ газами. Въ ихъ спектрахъ видны только отдѣльныя свѣтлыя линіи, характерныя для даннаго газа. Если, однако, плотность излучающей газовой массы увеличивается, то свѣтлыя линіи расщиряются, а въ промежуткахъ между ними появляется слабое сіяніе, — зародышъ сплошного спектра. Плотность газа можно очень сильно увеличить повышеніемъ давленія, ее даже можно приблизить къ плотности жидкости, въ частности можно достигнуть полнаго равенства плотности газа и жидкости въ ихъ критической точкѣ. Въ такомъ случаѣ спектръ газа все болѣе приближается къ спектру соотвѣтственной жидкости, а въ критической точкѣ оба спектра должны быть тождественны.

Слѣдующая таблица (Табл. II) воспроизводитъ спектры нѣкоторыхъ важнѣйшихъ небесныхъ объектовъ. Спектръ твердаго или жидкаго тѣла, или же очень сильно уплотненнаго газа получится, если на таблицѣ темныя линіи спектра солнца или Сиріуса покрыть краской смежныхъ частей. Типичными спектрами газовъ, состоящими изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій съ темными промежутками, являются съ другой стороны два спектра таблицы: спектръ протуберанцы и туманности въ Драконѣ. Другой типичный газовый спектръ представляетъ спектръ этиленоваго газа. Въ этомъ случаѣ, имѣющемъ, повидимому, мѣсто для сложныхъ газовъ, многочисленныя тонкія линіи группируются такъ, что получаются какъ бы желобчатыя полосы (такъ называемые полосовые спектры). Какъ упомянуто выше, солнце имѣетъ сплошной спектръ, пересѣченный многими темными линіями. Линіи, обозначенныя буквами *C*, *F* и *h*, приходятся на мѣстахъ свѣтлыхъ линій водорода (эти свѣтлыя линіи находятся, какъ показываетъ таблица, и въ спектрѣ протуберанецъ). Это объясняется, какъ извѣстно, предположеніемъ, что въ самыхъ внѣшнихъ слояхъ солнца находится въ большомъ количествѣ водородъ; изъ проходящаго сквозь него свѣта солнечнаго ядра, которое само по себѣ даетъ сплошной спектръ, водородъ поглощаетъ характерныя для него сорта свѣта. Другія темныя линіи солнечнаго спектра—онѣ называются Фраун-

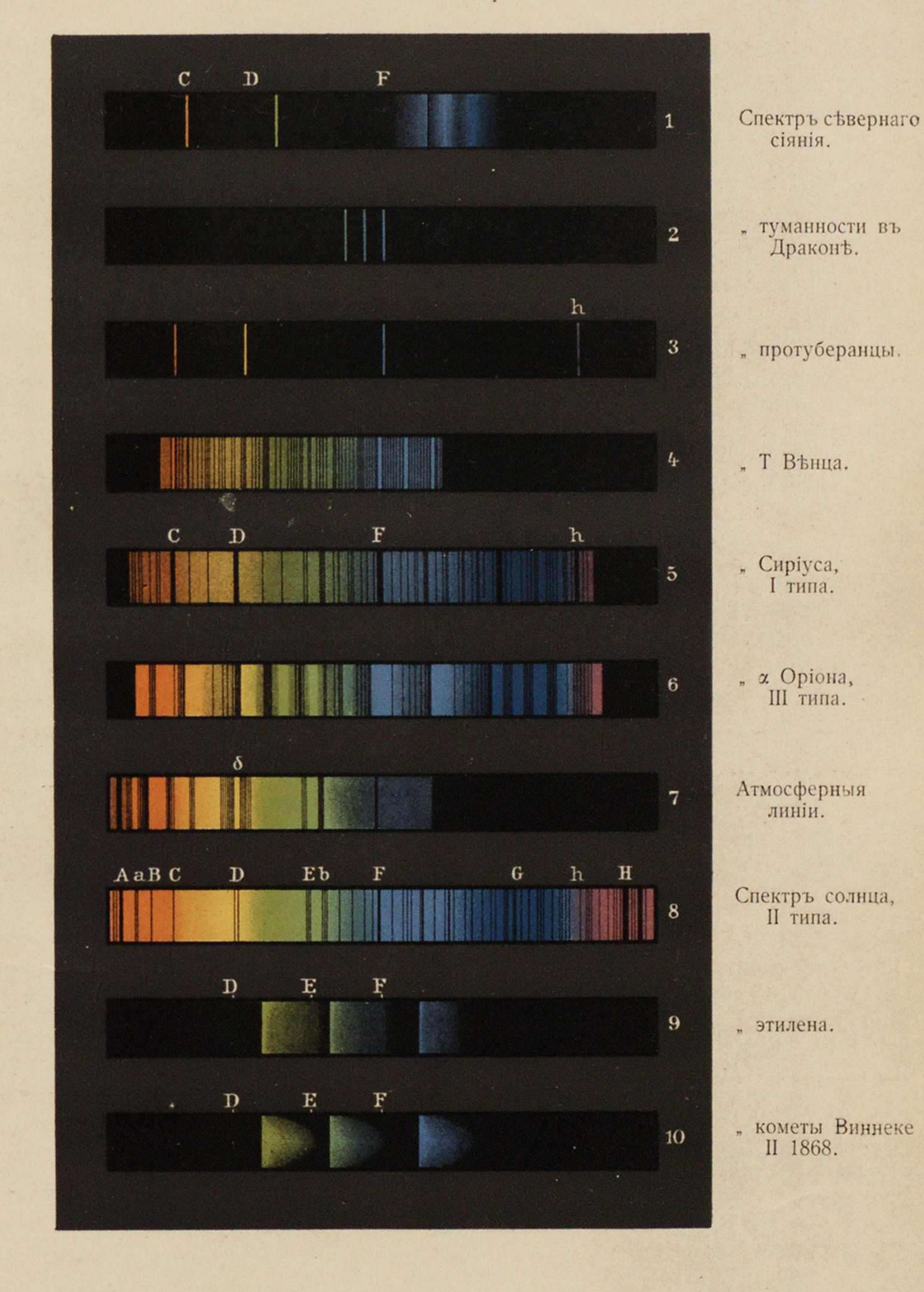
гоферовыми по имени ревностнаго ихъ наблюдателя Фраунгофера (Fraunhofer) — являются слѣдствіемъ поглощенія свѣта другими газами солнечной или земной атмосферы. На этой же таблицѣ представлены также линіи, характерныя для земной атмосферы. Онѣ происходятъ отъ поглощенія свѣта въ воздухѣ кислородомъ и водяными парами. Для объясненія другихъ Фраунгоферовыхъ линій нужно предположить въ наружныхъ слояхъ солнца присутствіе и другихъ соотвѣтствующихъ веществъ (Кирхгофъ, Kirchhoff). Такимъ путемъ доказано присутствіе въ солнечной атмосферѣ кальція, натрія, желѣза, титана и нѣсколькихъ другихъ тѣлъ, къ чему мы вернемся позже.

Спектры звѣздъ. Такимъ же образомъ можно изслѣдовать и спектры звѣздъ. Но такъ какъ каждая звѣзда представляется точкой, то спектръ ея будетъ имѣть видъ не полосы, какъ спектръ полоски свѣта, а линіи. Въ такой безконечно узкой линіи трудно замѣтить мѣста поглощенія, и потому этотъ спектръ обращаютъ въ полосу конечной, но небольшой ширины, вставляя на пути свѣтового луча цилиндрическую линзу съ осью, параллельной первоначальному линейному спектру. Или же, при сниманіи фотограммы, фотографическую пластинку медленно сдвигаютъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ длинѣ спектра; благодаря этому получается спектральная фотограмма, похожая на фотограмму пропущеннаго черезъ щель пучка свѣта.

Этимъ путемъ многіе изслѣдователи, между которыми слѣдуетъ назвать на первомъ мѣстѣ Фраунгофера, а въ новѣйшее время Секки (Secchi), Гёггинса (Huggins), Фогеля (Vogel), Дунера (Dunér), Бѣлопольскаго и многихъ американскихъ астрономовъ, прежде всего Пикеринга (Pickering), изслѣдовали большое число спектровъ болѣе яркихъ звѣздъ. При этомъ выяснилось, что звѣздные спектры очень различны, но что ихъ можно классифицировать въ нѣсколько главныхъ типовъ. Фогель установилъ три главныхъ типа:

I. Бѣлыя звѣзды. Голубая и фіолетовая части спектра очень интенсивны. Линіи металловъ выражены слабо и принадлежатъ элементамъ: желѣзу, натрію и магнію, (напр. въ Сиріусѣ и Вегѣ), или совершенно отсутствуютъ (напр. въ Регулѣ $=\alpha$ Leonis). Напротивъ, линіи водорода выступаютъ очень сильно; онѣ расширены (Сиріусъ, Вега), а иногда даже обращены, т. е. по służ серединѣ темныхъ линій видны свѣтлыя, что указываетъ на очень плотную водородную атмосферу (напр. β Лиры). Въ послѣднихъ случаяхъ

Таблица спектровъ



является обращенной также линія гелія D_3. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ (β, γ, δ и ε Оріона, Альголь и др.) линіи водорода отсутствуютъ и замѣнены линіями гелія, между которыми особенно сильно выступаетъ одна линія, происхожденіе которой раньше было неизвѣстно (т. наз. Оріонова линія, длина волны 447.14 μμ [1]).

Всѣ обстоятельства указываютъ на очень высокую температуру звѣздъ этого класса. Онѣ, повидимому, окружены очень густою атмосферою водорода и гелія, или одного изъ этихъ газовъ. „Геліевы звѣзды" (съ Оріоновой линіей), вѣроятно, имѣютъ болѣе высокую температуру, чѣмъ звѣзды водородныя, у которыхъ преобладаетъ спектръ водорода. Въ этихъ звѣздахъ былъ также найденъ кислородъ.

Иногда въ спектрахъ перваго типа встрѣчаются также и размытыя полосы, напр. въ спектрѣ Атаира (α Орла) Шейнеру (Scheiner) удалось получить нерѣзкой установкой [2]) на линіи солнечнаго спектра изображенія, очень сходныя съ полосами въ спектрѣ Атаира. Поэтому Шейнеръ предполагаетъ, что эти своеобразныя полосы происходятъ отъ вращенія Атаира, вслѣдствіе котораго линіи должны смѣщаться соотвѣтственно относительной (т. е. взятой относительно наблюдателя) скорости свѣтящейся точки (ср. ниже). На основаніи этого предположенія можно вычислить, что точка на экваторѣ Атаира должна обладать скоростью 27 км. въ сек., — приблизительно въ 13 разъ большею скорости солнечнаго экватора и въ 2 раза большею экваторіальной скорости Юпитера.

2. Желтыя звѣзды: Линіи металловъ выражены очень рѣзко, синій конецъ спектра ослабленъ многочисленными линіями поглощенія. Къ этому классу относится солнце и нѣсколько очень похожихъ на него звѣздъ, какъ Капелла, Поллуксъ, Проціонъ, Арктуръ (α Волопаса) и Альдебаранъ (α Тельца). Типичныя спектральныя линіи по преимуществу тѣ же, что и у солнца; этимъ доказывается присутствіе въ ихъ атмосферахъ водорода, натрія, желѣза, кальція, барія, хлора, хрома, марганца, висмута, сурьмы, ртути и теллура.

Во многихъ случаяхъ въ красномъ концѣ спектра видны слабыя полосы. При этомъ спектръ характеризуется большимъ числомъ тѣсныхъ линій, между которыми линіи водорода становят-

---

[1]) Знакомъ μμ означаются милліонныя доли миллиметра.

[2]) Даже и самыя рѣзкія линіи солнечнаго спектра могутъ казаться таковыми только при точной установкѣ инструмента на фокусъ. При неточной же установкѣ и онѣ будутъ казаться размытыми.

ся мало замѣтными. Сюда относятся спектры Арктура и Альдебарана, почему подобныя звѣзды называются звѣздами типа Арктура. Звѣзды, болѣе сходныя съ солнцемъ, у которыхъ линіи водорода выступаютъ въ спектрѣ рѣзко, называются по имени одной изъ характерныхъ звѣздъ—Капеллы—звѣздами типа Капеллы. Эти звѣзды, очевидно, имѣютъ болѣе высокую температуру, чѣмъ звѣзды типа Арктура. Въ нѣкоторыхъ, немногихъ случаяхъ (напр. *T* Вѣнца) линіи частью обращены. Вѣроятно къ этой же группѣ слѣдуетъ причислить также звѣзды съ плотной атмосферой, которыя наблюдали Вольфъ и Рэйэ (Wolff, Rayet). Водородная атмосфера этихъ звѣздъ иногда такъ обширна, что при широко раскрытой щели спектроскопа онѣ кажутся маленькими дисками.

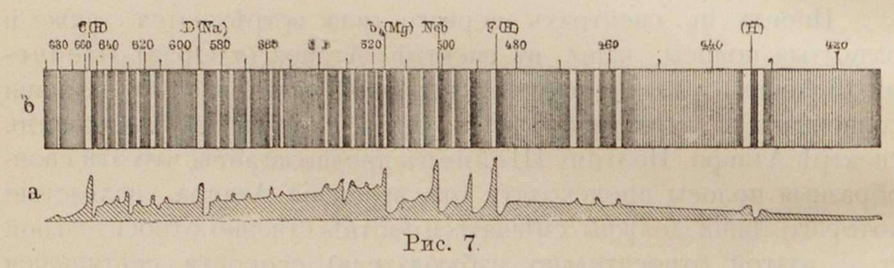


Рис. 7.

Если небольшимъ нажатіемъ отклонить телескопъ нѣсколько въ сторону, чтобы сама звѣзда не была видна, то спектръ линій *H* (водорода) все же получается. Вычислено, что еслибы эта водородная атмосфера окружала солнце, то она могла бы заполнить орбиту Нептуна. Подобное же одновременное присутствіе темныхъ и свѣтлыхъ линій обнаруживаютъ и спектры такъ называемыхъ „новыхъ" звѣздъ, какъ видно изъ приложеннаго изображенія (рис. 7) спектра „Nova Aurigae", новой звѣзды (1892) въ Возничемъ. Внезапное развитіе свѣта этихъ новыхъ звѣздъ можетъ происходить, согласно этому, отъ могучихъ взрывовъ газовъ; эти взрывы могутъ происходить какимъ-то образомъ на уже сравнительно сильно охлажденной и потому мало замѣтной звѣздѣ и этимъ внезапно сообщить звѣздѣ большую яркость. Звѣзды второго класса имѣютъ температуру, очевидно, значительно ниже звѣздъ перваго класса. Еще болѣе охлаждены красноватыя звѣзды.

3. Красноватыя звѣзды. Въ спектрахъ звѣздъ этого класса кромѣ линій металловъ видны широкія полосы по всему спектру, у большинства этихъ звѣздъ (напр. α Оріона, α Геркулеса, α Кита, β Пегаса, Антареса и др.) полосы рѣзко отграничены къ фіолетовому концу и размыты къ красному. Къ этой группѣ относится преобладающее число перемѣнныхъ звѣздъ.

Какъ указывают эти полосы, температура ихъ атмосферъ настолько уже понизилась, что въ нихъ могутъ существовать химическія соединенія. Нѣкоторыя изъ линій металловъ, напр. натріева линія, очень широки и размыты. Водородъ становится совсѣмъ незамѣтнымъ, его присутствіе въ спектрѣ сомнительно. По всей вѣроятности водородъ даетъ въ этомъ случаѣ слабыя свѣтлыя (обращенныя) линіи, которыя не выдѣляются замѣтно на свѣтломъ фонѣ. Какъ мы увидимъ ниже, спектры солнечныхъ пятенъ во многихъ отношеніяхъ сходны со спектрами этихъ звѣздъ. Линіи металловъ принадлежатъ преимущественно натрію, кальцію, желѣзу и магнію и меньшимъ количествамъ другихъ металловъ. Въ другомъ отдѣлѣ третьей группы полосы поглощенія выражены такъ сильно, что свѣтлыя части имѣютъ видъ свѣтлыхъ полосъ, которыя пересѣкаются еще иногда свѣтлыми линіями. Всѣ эти звѣзды очень слабы, не ярче 6-й величины; полосы поглощенія въ ихъ спектрахъ размыты къ фіолетовому концу. Въ спектрахъ этой группы звѣздъ думали даже найти линіи углеводородовъ.

Звѣзды этой группы, очевидно, имѣютъ температуру ниже всѣхъ другихъ, отчего и происходитъ ихъ малая яркость и красная окраска.

Къ первой группѣ относится около половины, ко второй— около трети всѣхъ изслѣдованныхъ звѣздъ. Къ третьей группѣ принадлежитъ только около сотни изъ болѣе яркихъ звѣздъ.

При обзорѣ спектровъ различныхъ звѣздъ нельзя не прійти къ мысли, что различныя звѣздныя группы соотвѣтствуютъ разнымъ стадіямъ развитія. Самыя юныя изъ всѣхъ звѣздъ, обладающія наиболѣе высокой температурой, принадлежатъ (согласно общему воззрѣнію; см. ниже главу „Космогонія") къ первой группѣ. Сплошной спектръ, излучаемый собственно ядромъ звѣзды, зависитъ главнымъ образомъ отъ конденсацій, образованій въ атмосферѣ звѣздъ, подобныхъ облакамъ, въ меньшей степени отъ сильно уплотненныхъ металлическихъ паровъ звѣзды. Въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы находятся легкіе газы, водородъ или гелій, или оба вмѣстѣ, ниже — металлическіе пары. Въ звѣздахъ перваго класса атмосфера легкихъ газовъ такъ плотна и имѣетъ такую высокую температуру, что видимыя намъ конденсаціи почти цѣликомъ происходять въ этихъ верхнихъ слояхъ. Поэтому мы не находимъ въ нихъ линій металловъ вовсе, или находимъ только слабыя, и, наоборотъ, линіи водорода или гелія очень

широкія. Иногда количество и температура легкихъ газовъ достаточны для того, чтобы вызвать свѣтлыя обращенія этихъ линій. Во второмъ спектральномъ типѣ охлажденіе пошло дальше, и конденсаціи происходятъ не только въ высшихъ слояхъ атмосферы, но и въ атмосферѣ металловъ. Тутъ рѣзко выступаютъ темныя линіи металловъ. Ослабленіе фіолетоваго конца спектра и нѣсколько слабыхъ полосъ въ красной части указываютъ на болѣе низкую температуру. Явленія, свидѣтельствующія о низкой температурѣ, еще рѣзче видны у красноватыхъ звѣздъ. Обычная у послѣднихъ перемѣнность наводитъ на предположеніе о существованіи болѣе холодныхъ и теплыхъ періодовъ, какія обнаруживаются въ меньшемъ масштабѣ и у нашего солнца въ періодичности его пятенъ. Наконецъ, яркость звѣздъ постепенно уменьшается, а окраска принимаетъ ясный красный оттѣнокъ, указывая на сравнительно низкую температуру. За этой стадіей слѣдуетъ стадія господства однихъ только темныхъ ультра-красныхъ лучей,—звѣзда обращается въ несвѣтящееся небесное тѣло (см. ниже главу „Космогонія").

Въ общемъ звѣзды обнаруживаютъ то же химическое строеніе, что и солнце. Вездѣ замѣтна выдающаяся роль водорода и гелія, а также желѣза, натрія, кальція и магнія. Нѣтъ никакого сомнѣнія поэтому, что наше солнце по строенію близко неподвижнымъ звѣздамъ, и именно его слѣдуетъ считать неподвижной звѣздой перваго отдѣла второго класса.

Начало Допплера. Предположимъ, что въ B (рис. 8) кто-нибудь наблюдаетъ звучащій камертонъ въ A, дѣлающій n колебаній въ секунду. Разстояніе AB пусть будетъ равно скорости звука v (330 метровъ въ секунду при 0°). Если камертонъ остается въ A, наблюдатель въ B слышитъ ровно n колебаній въ секунду. Условія, однако, нѣсколько измѣняются, если камертонъ движется съ опредѣленною скоростью c ($= AC$) отъ A къ B, такъ какъ теперь наблюдатель услышитъ больше n колебаній въ секунду. Чтобы выразить это формулой, замѣтимъ, что камертонъ проходитъ разстояніе AB во время v/c сек. Моментъ прохожденія камертона черезъ точку A обозначимъ 0; тогда колебаніе, произведенное камертономъ въ A, достигнетъ B въ концѣ 1 секунды. Далѣе, камертонъ достигнетъ точки B во время v/c секундъ, и его колебаніе въ этотъ моментъ одновременно услышитъ и наблюдатель въ B. Такимъ

A C B

Рис. 8.

образомъ наблюдатель въ B услышитъ за время между 1 сек. и v/c сек. всѣ колебанія, возникшія за время v/c секундъ, т. е. всего $nv:c$ колебаній. А если въ теченіе времени v/c—1 сек. будутъ въ B услышаны nv/c колебаній, то въ одну секунду ихъ будетъ:

$$n_1 = \frac{nv}{c} \cdot \frac{1}{\frac{v}{c} - 1} = n \frac{v}{v-c}.$$

Число n колебаній камертона какъ бы возростетъ вслѣдствіе его движенія до n_1, т. е. въ отношеніи $v:(v-c)$, или длина посылаемыхъ звуковыхъ волнъ уменьшится въ отношеніи $(v-c):v$ или $\left(1 - \frac{c}{v}\right):1$. Еслибы камертонъ двигался въ направленіи отъ B къ A со скоростью c, то длина волнъ, какъ легко увидѣть, возросла бы въ отношеніи $\left(1 + \frac{c}{v}\right):1$. Это согласуется и съ опытомъ относительно измѣненія высоты тона при быстромъ движеніи какого-нибудь источника звука (напр. звучащей трубы) мимо наблюдателя.

Движеніе звѣздъ по лучу зрѣнія. То же самое должно имѣть мѣсто и для свѣтовыхъ волнъ, если мы въ приведенныхъ выше выраженіяхъ обозначимъ черезъ v скорость свѣта (300 000 км. въ сек.) и черезъ c скорость источника свѣта въ направленіи луча зрѣнія. Физо (Fizeau) первый указалъ на важность приложенія начала Допплера (Doppler) къ опредѣленію движеній свѣтящихся тѣлъ (1848).

Итакъ, если неподвижная звѣзда движется по лучу зрѣнія со скоростью 1 км. въ сек. къ намъ и испускаетъ свѣтъ, длина волны котораго равна 600 $\mu\mu$ ($\mu\mu = 10^{-6}$ миллиметра), то длина волны видимо уменьшится на 600 : 300 000 $\mu\mu$, т. е. на 1/500 $\mu\mu$, величину уже доступную измѣренію при очень точномъ наблюденіи.

Смѣщенія спектральныхъ линій въ общемъ очень малы: они достигаютъ максимумъ 0.1 $\mu\mu$; эти линіи можно поэтому безъ труда узнавать и такимъ образомъ опредѣлять скорость излучающаго тѣла на основаніи отклоненія отъ длины волны, измѣренной обычнымъ путемъ. Такимъ образомъ найдены слѣдующія величины движеній въ направленіи луча зрѣнія (лучевыя скорости); знакъ + означаетъ удаленіе звѣзды отъ солнца, знакъ — приближеніе къ нему.

	км./сек.		км./сек.
α Can. maj. (Сиріусъ)	+ 75	α Cygni (Денебъ)	— 6
α Tauri (Альдебаранъ)	+ 49	α Bootis (Арктуръ)	— 8
61 Cygni	+ 43	α Can. min. (Проціонъ)	— 11
Туманность Оріона	+ 27	α Cassiopejae	— 15
α Aurigae (Капелла)	+ 25	α Aquilae (Атаиръ)	— 34
α Leonis (Регулъ)	+ 24	ζ Herculis	— 70
β Orionis (Ригель)	+ 24	α Lyrae (Вега)	— 81
α Orionis (Бетельгейзе)	+ 14	η Cephei	— 87.

Сравнивая эти цифры съ приведенными выше для движенія въ направленіи, перпендикулярномъ къ лучу зрѣнія, мы видимъ, что это величины того же порядка. Если обозначить лучевую скорость черезъ a, а перпендикулярную къ ней черезъ b, то полная скорость будетъ

$$v = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Для слѣдующихъ четырехъ звѣздъ она составляетъ

Вега $\sqrt{23^2 + 81^2} = 84$, Сиріусъ $\sqrt{23^2 + 75^2} = 78$, 61 Лебедя $\sqrt{60^2 + 43^2} = 74$ км/сек.

Капелла $\sqrt{32^2 + 25^2} = 43$ км/сек.

Послѣдняя изъ этихъ скоростей нѣсколько больше (на 15 процентовъ) средней изъ всѣхъ измѣренныхъ скоростей неподвижныхъ звѣздъ. Три первыя скорости принадлежатъ къ наибольшимъ изъ всѣхъ наблюдавшихся (см. стр. 19). Такъ какъ Вега движется со скоростью 84 км. въ сек., то можно задать себѣ вопросъ: сколько времени нужно было бы ей употребить для того, чтобы пройти разстояніе въ 20 свѣтовыхъ годовъ, отдѣляющее ее отъ насъ, еслибы она двигалась съ этой скоростью прямо къ солнцу? Легко найти, что это время составитъ $20 \times 300\,000 : 84 = 71\,000$ лѣтъ. Это время можетъ показаться очень продолжительнымъ, но если его мѣрить геологическимъ масштабомъ, результатъ не представитъ ничего поразительнаго,—періодъ, прошедшій со времени ледниковой эпохи, есть величина того же порядка.

Вліяніе давленія на положеніе спектральныхъ линій. Въ новѣйшее время Гёмфрейсъ и Молеръ (Humphreys и **Mohler**) сдѣлали замѣчаніе, очень важное для подобныхъ вычисле-

ній. Именно, эти два изслѣдователя нашли, что спектръ излученія раскаленнаго газа зависитъ отъ давленія этого газа. При этомъ надо принимать въ разсчетъ не молекулярное давленіе, а общее; послѣднее измѣнялось сжиманіемъ воздуха въ сосудѣ, въ которомъ горѣла вольтова дуга съ изслѣдуемымъ веществомъ. При повышеніи давленія спектральныя линіи смѣщаются къ красному, при пониженіи къ фіолетовому концу спектра. Это смѣщеніе пропорціонально давленію и для опредѣленнаго вещества измѣненіе длины волны пропорціонально самой длинѣ. Оно различно для разныхъ веществъ, при чемъ оказалось, что для одной группы металловъ оно приблизительно пропорціонально кубическому корню изъ атомнаго вѣса. У нѣкоторыхъ металловъ (группа Mg-Ca) смѣщеніе не одинаково (равномѣрно) для всѣхъ линій, а имѣетъ двѣ характерныя величины. Для длины волны 480 μμ и увеличенія давленія на одну атмосферу оно равно:

у натрія	108×10^{-5}	μμ	у кальція	54×10^{-5}	или	27×10^{-5}	μμ
„ литія	85	„	„ стронція	65	„	37	„
„ калія	132	„	„ барія	58	„	34	„
„ хрома	26	„	„ магнія	44	„	30	„
„ желѣза	25	„	„ титана	22			„
„ никкеля	28	„	„ алюминія	55			„
„ кобальта	24	„	„ висмута	49			„
„ ціана	0	„	„ урана	9			„

Если, слѣдовательно, давленіе повысится на одну атмосферу, то линія натрія измѣнитъ длину своей волны на одну $108 \times 10^{-5} : 480 = 2,25 \times 10^{-6}$-ую долю ея величины. Но такъ какъ лучевая скорость въ 1 км. въ сек. соотвѣтствуетъ измѣненію длины волны на ея 3.3×10^{-6}-ую часть, то отсюда видно, что увеличеніе давленія на одну атмосферу, т. е. давленіе двухъ атмосферъ вмѣсто одной, можетъ быть истолковано, какъ скорость въ 0.67 км., если изъ этого смѣщенія вычислить скорость согласно началу Допплера. Однако, у натрія смѣщеніе необыкновенно велико, напр. почти въ 5 разъ больше, чѣмъ у желѣза, и, вѣроятно, по закону кубическаго корня, втрое больше, чѣмъ у водорода; отсюда ясно, что только довольно большія давленія въ состояніи внести замѣтную ошибку въ опредѣленныя до того скорости.

Въ этомъ отношеніи очень интересно вычисленіе давленія (средняго), господствующаго въ такъ называемомъ обращающемъ слоѣ, гдѣ происходитъ главное поглощеніе. Изъ смѣщенія темныхъ солнечныхъ линій Джуэллъ (Jewell) нашелъ слѣдующія числа:

			Атомный вѣсъ				Атомный вѣсъ.
Алюминій	2	атм.	27	Марганецъ	5	атм.	55
Кремній	4	„	28	Желѣзо	6	„	56
Кальцій (*a*)	6	„	40	Никкель	7	„	59
„ (*b*)	3	„	40	Мѣдь	7	„	63
Хромъ	5	„	52	Кобальтъ	4	„	59

Давленіе въ обращающемъ слоѣ равняется, повидимому, приблизительно 5 атмосферамъ; на другихъ небесныхъ тѣлахъ оно, вѣроятно, того же порядка. Для тѣлъ съ небольшимъ атомнымъ вѣсомъ это давленіе сравнительно незначительно; они, можно думать, сконцентрированы главнымъ образомъ въ верхнихъ слояхъ. Къ этому заключенію приводятъ и многія другія обстоятельства (см. ниже главу „Солнце"). Для линій водорода или желѣза [1]) соотвѣтственное смѣщеніе составляетъ не болѣе, чѣмъ лучевая скорость въ 1 км. въ сек. Подобной точности удается достигнуть (для звѣздъ) только въ самыхъ рѣдкихъ случаяхъ. Поэтому можно утверждать, что выводы относительно движенія звѣздъ изъ смѣщенія спектральныхъ линій не были измѣнены въ значительной степени открытіемъ Гёмфрейса и Молера.

Это особенно относится къ тѣмъ случаямъ, въ которыхъ наблюдалось измѣненіе смѣщенія съ теченіемъ времени; изъ этихъ измѣненій заключили, что эти звѣзды движутся вокругъ одной точки (см. ниже о двойныхъ звѣздахъ).

Наблюденіе Гёмфрейса позволяетъ намъ надѣяться, что при помощи усовершенствованныхъ измѣрительныхъ инструментовъ будетъ возможно измѣрять какъ давленіе въ излучающихъ или поглощающихъ свѣтъ частяхъ солнечной атмосферы, такъ и движеніе звѣздъ по лучу зрѣнія. При этомъ надо подчеркнуть то обстоятельство, что линіи, принадлежащія различнымъ химическимъ элементамъ, вслѣдствіе движенія отклоняются всѣ одинаково, вслѣдствіе же давленія—весьма различно.

Собственное движеніе солнечной системы. Пересматривая собственныя движенія звѣздъ, знаменитый астрономъ В. Гершель замѣтилъ, что вообще звѣзды одной части неба удаляются другъ отъ друга, въ другой же, напротивъ, приближаются другъ къ другу. Это могло быть приписано перспективному дѣйствію собственнаго движенія солнечной системы. Поэтому онъ сталъ искать точку схожденія вѣковыхъ собственныхъ движеній и нашелъ ее въ созвѣздіи Геркулеса, по направленію

[1]) По нимъ чаще всего и опредѣляются лучевыя скорости.

къ которому должна двигаться, согласно этому взгляду, солнечная система. Л. Струве нашелъ для этой точки

$$AR = 261.5^0,\ D = +37.6^0.$$

Если взять на звѣздной картѣ самыя яркія звѣзды, для которыхъ были выше приведены лучевыя скорости, то оказывается, что всѣ звѣзды, приближающіяся къ намъ, находятся въ одной, удаляющіяся же отъ насъ—въ другой части небеснаго свода. Такъ напр., двѣ яркія звѣзды съ наибольшими скоростями, Вега и Сиріусъ, находятся почти въ діаметрально противоположныхъ мѣстахъ неба; звѣзды, движущіяся къ намъ, всѣ находятся въ области близъ Веги (за исключеніемъ Проціона); двигающіяся же отъ насъ—по сосѣдству съ Сиріусомъ.

Естественно поэтому раздѣлить небо на двѣ половины такъ, чтобы средняя лучевая скорость имѣла для одной половины наибольшее положительное значеніе, для другой наибольшее отрицательное. Центръ послѣдней половины и будетъ, очевидно, точкой, къ которой стремится солнечная система. Фогель нашелъ этимъ путемъ для 51 звѣзды точку $AR = 206^0$, $D = +45.9^0$, слѣдовательно, не очень далеко отъ Гершелева апекса (точки схожденія).

Согласно новымъ опредѣленіямъ, для этой точки $AR = 264^0$ до 284^0, $D = +41^0$ до -1^0, какъ указываютъ слѣдующія числа:

	AR	D
Портеръ (Porter)	281.2°	+ 40.7°
Энгельманнъ (Engelmann)	267	+ 31
Кобольдъ (Kobold)	267	— 1.1
Ристенпартъ (Ristenpart)	284	+ 32
Бакгойзенъ (Bakhuyzen)	264	+ 30.

Скорость солнечной системы въ этомъ направленіи оцѣнивается приблизительно въ 17 км. въ сек.

Туманности. На небѣ часто попадаются болѣе или менѣе обширныя образованія, построенныя, очевидно, изъ очень разрѣженной матеріи и получившія поэтому названіе туманностей. Онѣ не обнаруживаютъ ни собственнаго движенія (перпендикулярнаго къ линіи зрѣнія), ни параллакса, который, впрочемъ, трудно и измѣрить. Поэтому мы имѣемъ всѣ основанія предполагать, что онѣ находятся очень далеко отъ насъ. Ихъ спектръ бываетъ либо сплошной, подобный спектру звѣздъ, либо же даетъ, какъ спектръ газа, нѣсколько свѣтлыхъ линій (см. таблицу II, 2); въ первомъ случаѣ предполагаютъ, что онѣ состоятъ изъ скопленія

большихъ количествъ звѣздъ, — такъ называемыя звѣздныя кучи. Наиболѣе характерныя изъ свѣтлыхъ линій имѣютъ длины волнъ въ 575, 500.7, 495.9, 486.1 и 435 $\mu\mu$. Первая и послѣдняя линіи очень слабы и только въ спектрахъ нѣсколькихъ (немногихъ) туманностей достаточно рѣзки. Линіи 486.1 и 435 принадлежатъ водороду. Линія 500.7 приписывается азоту (что нуждается еще въ подтвержденіи). Линія 495.9, встрѣчающаяся во всѣхъ газообразныхъ туманностяхъ, не можетъ быть приписана ни одному изъ извѣстныхъ тѣлъ. Ее par préférence называютъ „небулозной линіей“ (линіей туманностей). По спектрамъ нѣкоторыхъ туман-



Рис. 9. Спиральная туманность въ Борзыхъ Собакахъ (по Робертсу, I. Roberts).

ностей доказано присутствіе на этихъ небесныхъ тѣлахъ гелія (Оріонова линія встрѣчается особенно часто) и, быть можетъ, желѣза и магнія.

Нѣкоторыя туманности называются „планетарными“, потому что онѣ въ телескопъ кажутся маленькими кружками, похожими на планетные диски.

Размѣры видимаго протяженія туманностей зависятъ отъ болѣе или менѣе благопріятныхъ внѣшнихъ обстоятельствъ. Поэтому рисунки одной и той же туманности различныхъ наблюдате-

лей обнаруживаютъ большія различія. При очень внимательномъ наблюденіи этихъ образованій въ нихъ часто находятъ своеобразное спиральное строеніе. Въ этомъ отношеніи замѣчательна туманность въ Борзыхъ Собакахъ ($AR = 13^ч 25.6^м$, $D = +47.7^0$, см. рис. 9). Въ центрѣ ея видна болѣе уплотненная часть, изъ которой выходитъ почти правильная спираль. Въ нѣсколькихъ мѣстахъ спирали видны меньшіе центры уплотненія, гдѣ матерія туманности, повидимому, конденсируется въ болѣе свѣтлое тѣло. Если смотрѣть на такую дискообразную туманность сбоку, то она должна казаться веретенообразной. Такова именно форма большой

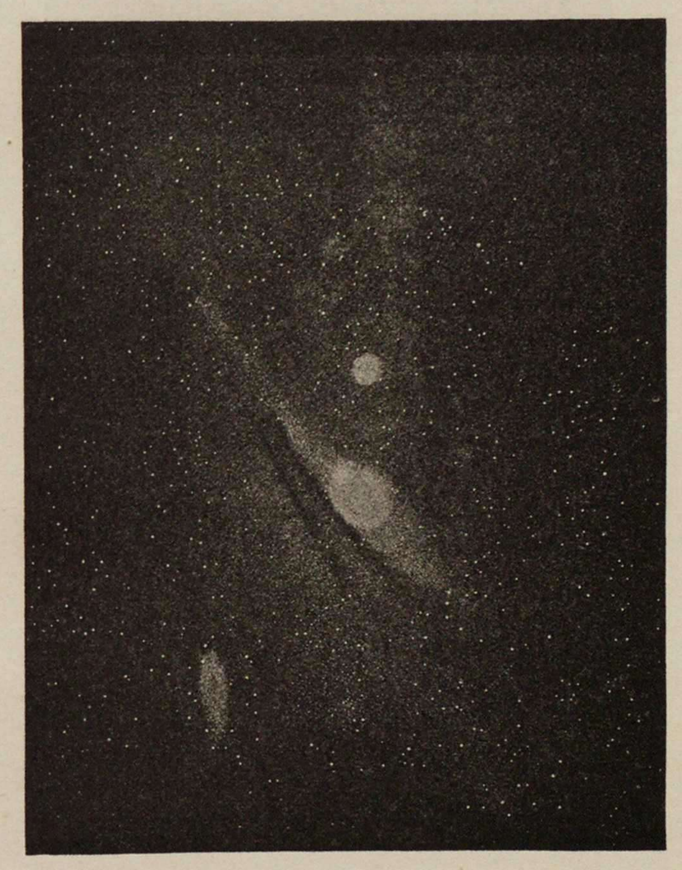


Рис. 10. Веретенообразная туманность въ Андромедѣ (по Бонду).

туманности Андромеды (рис. 10). На нѣкоторыхъ снимкахъ этой туманности еще видны намеки на спиральныя дуги въ болѣе свѣтлыхъ изогнутыхъ частяхъ на краяхъ, чего нѣтъ у другихъ чечевицеобразныхъ туманностей. Эти правильно построенныя туман-

ности даютъ въ общемъ сплошной спектръ. Повидимому, онѣ образуютъ самостоятельныя системы неподвижныхъ звѣздъ, находящіяся на огромномъ разстояніи отъ насъ. Вслѣдствіе чрезвычайной слабости свѣта этихъ объектовъ только въ 1899 г. проф. Шейнеру въ Потсдамѣ удалось получить послѣ $7^1/_2$-часовой экспозиціи спектръ одной изъ этихъ туманностей, именно туманности Андромеды, $AR = 0^ч\,37.2^м$, $D = +40^0\,43'$, съ отчетливыми деталями. Въ немъ видны темныя линіи, характерныя для спектровъ



Рис. 11. Кольцеобразная туманность въ Лирѣ (по Гольдену, Holden).

звѣздъ 2 типа, слѣдовательно, и нашего солнца. Сходство съ солнечнымъ спектромъ сказывается также и въ относительной яркости различныхъ частей спектра.

Спиральныя туманности, число которыхъ очень значительно, нужно считать поэтому звѣздными кучами. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ дѣйствительно газообразными туманностями.

Послѣднія представляютъ собою либо эллиптическія по формѣ планетарныя туманности незначительныхъ размѣровъ, либо же это



Рис. 12. Большая туманность въ Мечѣ Оріона (по Робертсу).

такъ называемыя кольцеобразныя туманности, какъ напр. въ Лирѣ ($AR = 18^ч\ 50^м$, $D = +32.9^0$, рис. 11), гдѣ туманная матерія кажется уплотненной въ эллиптическое кольцо съ діаметрами 72.2″

и 60.4''. Но на фотографіи наиболѣе яркой оказывается средняя часть этого кольца. Можно поэтому думать, что центральныя и наружныя части состоятъ изъ различныхъ веществъ. Къ этой группѣ относятся также и туманности неправильной формы, часто имѣющія огромнѣйшее протяженіе; самымъ извѣстнымъ примѣромъ послѣднихъ является туманность Оріона въ мечѣ Оріона (рис. 12, $AR = 5^h\ 30.3^m$, $D = -5^0 28'$). По оцѣнкѣ Литтрова и Вейсса (Littrow и Weiss) эта туманность занимаетъ 4.6 квадратнаго градуса. Если бы она была удалена отъ насъ только на одинъ милліонъ солнечныхъ разстояній (т. е. приблизительно, какъ Сиріусъ и Вега), что во всякомъ случаѣ значительно меньше дѣйствительнаго, то и тогда ея линейные размѣры были бы въ 5 милліоновъ разъ больше поперечника солнца, т. е. приблизительно въ 800 разъ больше діаметра орбиты Нептуна.

Въ туманности Оріона имѣется и Оріонова линія 447.2 $\mu\mu$, характерная для нѣсколькихъ звѣздъ въ Оріонѣ. Уже поэтому можно думать, что между этими звѣздами и туманностью Оріона существуетъ генетическая связь. Еще больше подтверждается это сравненіемъ спектровъ четырехъ находящихся въ туманности такъ называемыхъ „звѣздъ трапеціи“ со спектромъ туманности. Оба спектра даютъ тѣ же самыя линіи въ тѣхъ же самыхъ мѣстахъ съ тою лишь разницею, что линіи звѣздъ частью темны, линіи же туманности свѣтлы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже можно было наблюдать, что въ срединѣ темныхъ линій звѣздъ замѣчаются свѣтлыя линіи туманности; это, быть можетъ, указываетъ на то, что атмосфера туманности, по крайней мѣрѣ отчасти, находится между нами и звѣздами трапеціи. Имѣется основаніе думать, такимъ образомъ, что эти неправильныя и поразительно огромныя по протяженію туманности находятся отъ насъ не такъ далеко, какъ это вообще предполагаютъ.

Весьма замѣчательно, что въ спектрахъ туманностей нѣтъ линіи водорода $H\alpha$ (отвѣчающей линіи C солнечнаго спектра). Килеръ (Keeler) наблюдалъ ее только одинъ разъ (въ спектрѣ туманности G.C. 4390). По мнѣнію Шейнера это обусловлено физіологическими причинами, именно красная водородная линія становится при ослабленіи свѣта невидимою много раньше другихъ линій. Столь же замѣчательно, что относительная яркость спектральныхъ линій различна въ различныхъ мѣстахъ туманности Оріона. Такъ напр., небулозная линія сильнѣе всего на одной сторонѣ этой туманности, а одна изъ линій водорода — на другой,

Это указываетъ на различное строеніе или на неодинаковое физическое состояніе разныхъ частей туманности. Очень интересно въ этомъ отношеніи наблюденіе Кэмпбелля (Campbell) надъ небольшою планетарною туманностью вблизи туманности Оріона. Онъ наблюдалъ ее, какъ обыкновенно наблюдаютъ протуберанцы, т. е. съ широко раскрытою щелью спектроскопа. При этомъ онъ нашелъ, что неизвѣстное вещество туманностей дало много меньшее изображеніе, чѣмъ самая яркая линія водорода. Естествен-



Рис. 13. Фотографическій снимокъ звѣзднаго скопленія въ Геркулесѣ (по Робертсу).

но предположить отсюда, что это вещество туманностей находится главнымъ образомъ въ серединѣ, водородъ же равномѣрно во всѣхъ частяхъ туманности. Такія широко раскинутыя туманности, какъ въ Оріонѣ, находятся въ окрестности группы Пле-

ядъ, въ созвѣздіи Лебедя, въ южномъ полушаріи въ обоихъ такъ называемыхъ Магеллановыхъ Облакахъ и т. д.

Между туманностями встрѣчаются иногда такія, которыя состоятъ изъ двухъ соединяющихся туманныхъ клубковъ; онѣ называются двойными туманностями и въ извѣстной мѣрѣ соотвѣтствуютъ двойнымъ звѣздамъ.

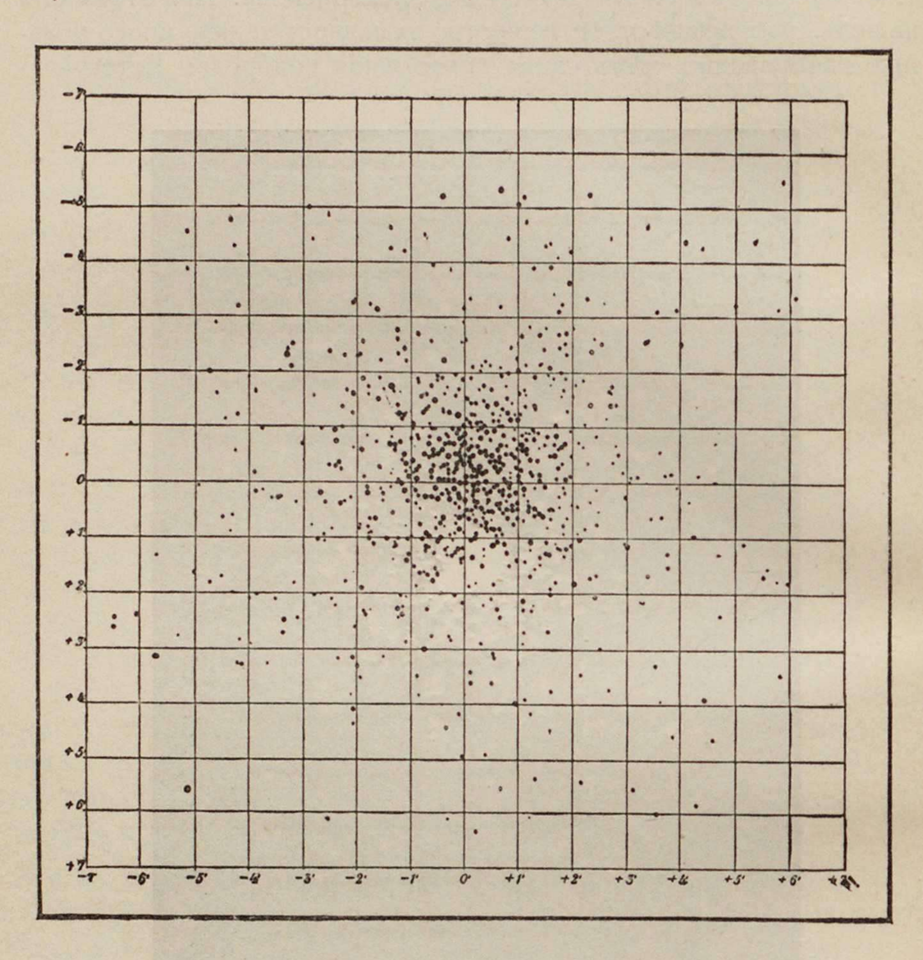


Рис. 14. Схематическій рисунокъ звѣзднаго скопленія въ Геркулесѣ (по Шейнеру).

Послѣ того, какъ В. Гершель открылъ въ свой рефракторъ не менѣе 2500 туманностей (въ настоящее время внесено въ катологи около 30000 туманностей) и послѣ того, какъ ему удалось разрѣшить большую часть ихъ на отдѣльныя звѣзды, т. е. доказать, что онѣ суть звѣздныя скопленія, стало общепринятымъ

мнѣніе, что всѣ туманности должны разрѣшиться въ звѣздныя скопленія, если только употребить достаточно сильные для ихъ раздѣленія оптическіе инструменты. Теперь, какъ показываетъ спектральный анализъ, это мнѣніе не можетъ быть удержано относительно настоящихъ газообразныхъ туманностей. Кромѣ того, звѣздныя скопленія распредѣляются обыкновенно такъ, что въ центрѣ или къ одной сторонѣ ихъ имѣется сильная концентрація звѣздъ, какъ показываютъ приложенныя изображенія (рис. 13 и 14) звѣздныхъ скопленій въ Геркулесѣ ($AR = 16^ч\ 38^м$, $D = 36.39^0$) и въ Близнецахъ (рис. 15, $AR = 6^ч\ 2.7^м$; $D = 24.21^0$). Въ послѣднемъ случаѣ звѣздныя скопленія показываютъ извѣстное сходство съ кометой.

Газообразныя туманности также обнаруживаютъ поступательное движеніе по лучу зрѣнія. Килеръ нашелъ въ этомъ отношеніи числа того же порядка, что и для движеній звѣздъ; именно, ихъ средняя скорость составила около 20, наибольшая (*G. C.* 4373)—64.7 км. въ сек. При этомъ слѣдуетъ внести поправку за собственное движеніе солнечной системы, 17 км. въ сек.; тогда максимумъ получается въ —50.9 км. въ сек.

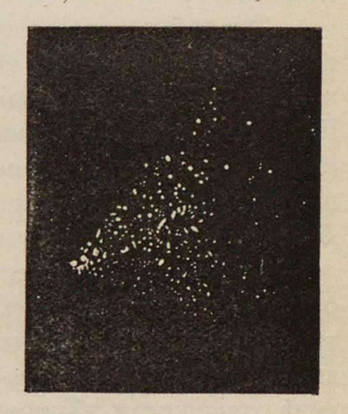


Рис. 15. Звѣздное скопленіе въ Близнецахъ.

Туманности распредѣлены на небѣ, повидимому, не вполнѣ равномѣрно. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ онѣ встрѣчаются гораздо чаще, чѣмъ въ другихъ. Если соединить между собою мѣста ихъ наибольшей густоты, то на небѣ получится поясъ, который проходитъ перпендикулярно къ Млечному Пути отъ Центавра черезъ созвѣздія Дѣвы и Волосъ Вероники мимо Большой Медвѣдицы и Кассіопеи къ Андромедѣ. Новыя изслѣдованія при помощи сильныхъ инструментовъ указываютъ, повидимому, на то, что туманности встрѣчаются чрезвычайно часто на всемъ небѣ. Въ этомъ отношеніи особенно замѣчательнымъ оказалось появленіе туманности, ранѣе отсутствовавшей, вокругъ Nova Persei; это появленіе показываетъ, что вѣроятно, существуетъ много туманностей, которыя невидимы лишь въ силу того, что онѣ получаютъ отъ сосѣднихъ свѣтилъ недостаточное количество лучей (ср. ниже).

Млечный Путь. (Положеніе Млечнаго Пути обозначено пунктиромъ на табл. I и рис. 2 и 3). Уже съ древнѣйшихъ вре-

менъ хорошо извѣстна на небесномъ сводѣ туманообразная свѣтлая полоса, получившая названіе „Млечнаго Пути". Въ телескопъ она разлагается на огромное количество звѣздъ. Самое слабое мѣсто его лежитъ въ созвѣздіи Оріона. Оттуда Млечный Путь проходитъ черезъ созвѣздіе Единорога, между Близнецами и Тельцомъ, къ Возничему, становясь все болѣе яркимъ. Затѣмъ онъ направляется къ Персею и Кассіопеѣ и достигаетъ наибольшей яркости въ Лебедѣ. Здѣсь онъ раздѣляется на двѣ части, изъ которыхъ болѣе яркая, южная, проходитъ черезъ Орла, Щитъ Собѣскаго и Стрѣльца. Болѣе слабая сѣверная полоса проходитъ черезъ Змѣю, гдѣ становится почти невидимой, къ Скорпіону, гдѣ опять соединяется съ другою вѣтвью и затѣмъ проходитъ черезъ Южный Крестъ. Далѣе встрѣчается еще нѣсколько перерывовъ, напр. въ такъ называемомъ „Угольномъ мѣшкѣ", и ослабленій, и наконецъ черезъ созвѣздіе Корабля онъ возвращается опять къ Единорогу.

Это образованіе обходитъ кругомъ небесный сводъ въ общемъ въ видѣ кольца; если взять небесный глобусъ такъ, чтобы наверху было созвѣздіе Волосъ Вероники, то весь Млечный Путь помѣстится нѣсколько ниже горизонтальнаго большого круга глобуса. Сѣверный полюсъ Млечнаго Пути лежитъ на границѣ между Волосами Вероники и Борзыми Собаками ($AR = 12^ч 42^м$, $D = +27^0$).

Невольно возникаетъ предположеніе, что Млечный Путь есть образованіе подобное туманности, приблизительно сходное съ туманностью Андромеды; солнечная система составляетъ, повидимому, его часть, лежащую нѣсколько эксцентрически въ срединѣ туманности, ближе къ той части Млечнаго Пути, которая проходитъ черезъ наиболѣе свѣтлыя мѣста въ Лебедѣ. Эта туманность, естественно, даетъ, какъ и туманность Андромеды, сплошной спектръ. Притомъ, такъ какъ большая часть изслѣдованныхъ нами звѣздъ принадлежитъ Млечному Пути и относится къ бѣлому типу, то и общее впечатлѣніе этого скопленія звѣздъ, если на него смотрѣть издали, должно быть подобно впечатлѣнію звѣзды бѣлаго типа. Поэтому Млечный Путь нужно разсматривать, какъ образованіе болѣе высокой температуры, чѣмъ туманность Андромеды, относящаяся ко второму типу (желтоватыхъ) звѣздъ. Различные вырѣзы и оторванныя части должны соотвѣтствовать неравномѣрному распредѣленію свѣта въ спиральныхъ туманностяхъ. Поэтому значительно большая часть звѣздъ должна находиться въ плоскости круга, въ которой свернута спираль.

Съ цѣлью представить сообразно этому распредѣленіе звѣздъ, В. Гершель предпринялъ подсчетъ густоты звѣздъ, считая число звѣздъ въ полѣ зрѣнія телескопа безъ всякаго отношенія къ ихъ величинамъ. На параллельномъ кругѣ, проходящемъ черезъ мерцающую полосу Млечнаго Пути, слѣдовательно лежащемъ въ плоскости спирали туманности, онъ нашелъ относительное число 122, на 15 градусовъ сѣвернѣе его 30, на 30 градусовъ сѣвернѣе 18, на 45 градусовъ 10, на 60 градусовъ отъ 6 до 7. Ближе къ полюсу Млечнаго Пути звѣзды встрѣчаются въ очень скудномъ количествѣ. Эта рѣзко выступающая правильность сильно подтверждаетъ нашу исходную точку зрѣнія.

Если принять во вниманіе только болѣе яркія звѣзды (отъ 1 до 9 величины), то увеличеніе густоты звѣздъ къ плоскости Млечнаго Пути много меньше, именно въ отношеніи 2.5 : 1; при этомъ въ области, удаленной на 60 градусовъ отъ Млечнаго Пути, густоту звѣздъ мы принимаемъ равной 1; по подсчету же Гершеля получается отношеніе 14:1. Это и понятно, если принять въ соображеніе, что въ наиболѣе отдаленныхъ частяхъ диска нашего звѣзднаго скопленія, которыя расположены именно вблизи плоскости Млечнаго Пути, даже и самыя яркія звѣзды могутъ казаться только очень слабыми, вслѣдствіе отдаленности.

Весьма замѣчательно, что большая часть звѣздныхъ скопленій или туманностей, разложимыхъ въ звѣздныя скопленія, находится въ сосѣдствѣ Млечнаго Пути. Это обстоятельство указываетъ на то, что эти звѣздныя скопленія слѣдуетъ считать не самостоятельными образованіями, а мѣстными сгущеніями въ большемъ звѣздномъ скопленіи Млечнаго Пути. Наоборотъ, между неразложимыми туманностями и Млечнымъ Путемъ подобной связи, кажется, не существуетъ; напротивъ, онѣ концентрируются около полюса Млечнаго Пути.

Физическое состояніе туманностей. Что касается свѣта, излучаемаго настоящими газообразными туманностями, то большинство изслѣдователей придерживается вмѣстѣ съ Шейнеромъ того мнѣнія, что температура туманностей должна быть очень низка и не далека отъ абсолютнаго нуля. Въ противномъ случаѣ слабыхъ притягательныхъ силъ, дѣйствующихъ между отстоящими на огромныя разстоянія частицами туманности, было бы недостаточно для уравновѣшенія пропорціональнаго температурѣ стремленія частицъ газа къ взаимному отталкиванію. Кинетическая теорія газовъ требуетъ, чтобы и при низкой средней температурѣ нѣкоторыя изъ громаднаго количества молекулъ все

же обладали большими движеніями, соотвѣтствующими гораздо болѣе высокой температурѣ. Эти послѣднія, быть можетъ, излучаютъ свѣтъ. Въ подкрѣпленіе такого взгляда приводятъ, что въ Гейслеровыхъ трубкахъ разрѣженные газы подъ вліяніемъ электрическихъ колебаній могутъ излучать свѣтъ, хотя температура ихъ очень низка (опыты производились до температуры въ—200°). Относительно этого нужно замѣтить, что подъ вліяніемъ электрическихъ колебаній молекулы разлагаются и вновь соединяются, а это несомнѣнно стоитъ въ тѣсной связи съ излученіемъ свѣта. А потому, если только не допускать подобныхъ электрическихъ колебаній въ газообразныхъ туманностяхъ, то правильнѣе всего, конечно, было бы принять для нихъ не такую низкую температуру, какъ обыкновенно принимаютъ.

Какъ будетъ показано ниже, многое указываетъ на то, что солнца высылаютъ въ міровое пространство отрицательно электризованныя частички. Онѣ, конечно, задерживаются газообразными туманностями, обладающими громаднымъ протяженіемъ, и вызываютъ электрическіе разряды въ газахъ туманности, вслѣдствіе этого испускающихъ свѣтъ, несмотря на свою низкую температуру, близкую къ абсолютному нулю.

Это обстоятельство объяснило бы и другую особенность туманностей. Еслибы планетарная туманность была раскаленнымъ, излучающимъ свѣтъ газообразнымъ шаромъ, то слѣдовало бы ожидать, что центральныя части, гдѣ на линіи зрѣнія расположено большее количество раскаленныхъ частицъ газовъ, чѣмъ ближе къ краямъ,—должны свѣтить сильнѣе послѣднихъ. На самомъ дѣлѣ этого нѣтъ: въ кольцеобразныхъ туманностяхъ периферическія части даже свѣтятъ болѣе яркимъ свѣтомъ. Это и соотвѣтствуетъ тому, что заряженныя электричествомъ частицы должны терять свою скорость во внѣшнихъ слояхъ туманности, по крайней мѣрѣ въ сколько-нибудь значительныхъ скопленіяхъ газовъ.

Согласно этому представленію, вполнѣ возможно существованіе большихъ газообразныхъ туманностей, намъ невидимыхъ, такъ какъ вблизи нихъ не находится достаточнаго количества солнцъ, разсылающихъ заряженныя электричествомъ частицы.

Неоднократно поднимался вопросъ: почему въ газообразныхъ туманностяхъ, изъ которыхъ, думаютъ, постепенно образуются солнца, встрѣчается такое незначительное число химическихъ элементовъ, и притомъ преимущественно самые легкіе—водородъ и гелій? Это очень легко понять, если свѣтятся только поверхностные слои туманностей. Именно—совершенно такъ же,

какъ и на солнцѣ—болѣе тяжелыя молекулы должны концентрироваться въ центральныхъ частяхъ туманности, а наиболѣе легкія преобладать главнымъ образомъ въ наружныхъ частяхъ. Поэтому тяжелые элементы могутъ, конечно, существовать въ туманностяхъ, но мы не въ состояніи открыть ихъ по излучаемому туманностями свѣту. При этомъ слѣдуетъ принять въ соображеніе и то, что нѣкоторые газы (напр. азотъ) раскаляются подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ несравненно легче другихъ.

Наоборотъ, вещества, находящіяся внутри туманностей, будутъ поглощать свѣтъ расположенныхъ позади нихъ звѣздъ. И вполнѣ мыслимо, что вслѣдствіе множества и разнообразія поглощающихъ газовъ это поглощеніе будетъ сплошнымъ. Иными словами, вполнѣ возможно, что очень обширныя газообразныя туманности содержатъ поглощающее отчасти свѣтъ вещество, о которомъ было сказано выше (стр. 12). Однако, наибольшую часть поглощенія свѣта всетаки слѣдуетъ приписать небольшимъ твердымъ или жидкимъ частичкамъ, которыя, будучи выброшены солнцами, носятся всюду въ міровомъ пространствѣ.

Въ спектрахъ туманностей встрѣчаются нѣкоторыя еще неизвѣстныя линіи. Не лишено возможности, однако, что онѣ принадлежатъ всетаки извѣстнымъ земнымъ веществамъ. Этотъ въ высшей степени неожиданный фактъ доказанъ въ новѣйшее время однимъ изъ замѣчательнѣйшихъ открытій. Въ спектрѣ звѣзды ζ Puppis (Кормы) Пикерингъ нашелъ шесть новыхъ линій съ длинами волнъ въ 381.4, 385.7, 392.3, 402.8, 420.3 и 450.5 $\mu\mu$. ζ Puppis имѣетъ и Оріонову линію 447.2 $\mu\mu$. Тогда Кайзеръ (Kayser) высказалъ мнѣніе, что эти шесть линій, до тѣхъ поръ неизвѣстныя, должны быть приписаны водороду. Именно, длины волнъ (λ) линій водорода получаются, если въ формулѣ Бальмера (Balmer)

$$\lambda - 364.61 \frac{n^2}{n^2 - 16} \mu\mu$$

подставить вмѣсто n четныя числа. Новыя же линіи получаются изъ той же формулы, если вмѣсто n подставлять числа нечетныя.

Впрочемъ, эти новыя линіи нашли и въ спектрахъ другихъ звѣздъ, напр. въ 29 и 30 Can. Maj. и въ одной новой перемѣнной звѣздѣ ($AR = 7^0\ 14.5'$, $D = -24^0\ 47'$). Всѣ эти звѣзды лежатъ очень близко одна отъ другой и вблизи центральной линіи Млечнаго Пути. Вычисленныя длины волнъ для этихъ шести линій по Рюдбергу (Rydberg), предложившему формулу

$$\frac{n}{109675}=\frac{1}{4}-\frac{1}{(m+0.5)^2},$$

гдѣ n означаетъ число колебаній, а m цѣлыя послѣдовательныя числа, равняются:

λ наблюд.	420.0	402.6	392.5	385.9	381.6	378.3
λ вычисл.	420.2	402.7	392.5	386.0	381.5	378.3.

Рюдбергъ вычисляетъ длины волнъ водородныхъ линій (какъ прежнихъ, такъ и новыхъ) по формулѣ

$$\frac{n}{109\,675.00}=\frac{1}{(m_1+1)^2}-\frac{1}{(m_2+0.5)^2},$$

гдѣ $n=10^7:\lambda$ пропорціонально числу свѣтовыхъ колебаній линіи. Въ одномъ (такъ называемомъ главномъ или размытомъ) ряду $m_1=1$; наоборотъ, m_2 можетъ принимать значенія 1, 2, 3, 4, 5 и т. д.; въ другомъ (такъ называемомъ рѣзкомъ ряду) $m_2=1$, а m_1 можетъ принимать различныя значенія 1, 2, 3, 4 и т. д. Одна линія, для которой $m_1=m_2=1$, принадлежитъ обоимъ рядамъ. Судя по другимъ спектрамъ, эта линія должна казаться особенно яркой. Этимъ путемъ Рюдбергъ призналъ за водородныя слѣдующія, указанныя Мори (Maury) и Пикерингомъ, свѣтлыя спектральныя линіи нѣкоторыхъ звѣздныхъ спектровъ:

	λ	i		λ	i
H (D, 7)	388.9	1	H (P, 5)	420.0	3
H (P, 7)	392.6	1	H (D, 4)	434.0	3
H (D, 6)	397.0	1	H (P, 4)	454.4	2
H (P, 6)	402.6	1	— — —	461.4	2
— — —	405.9	4	H (P, 1)	468.8	10
H (D, 5)	410.2	5	H (D, 3)	486.2	1.

Линіи, обозначенныя буквою P, принадлежатъ рѣзкому ряду; обозначенныя буквою D—диффузному (размытому) ряду (извѣстныхъ) водородныхъ линій.

Цифра въ скобкахъ указываетъ, какое значеніе нужно дать перемѣнному числу (m_1 въ группѣ P, m_2 въ группѣ D).

Подъ i помѣщена интенсивность данныхъ линій. Какъ видно, H (P, 1), принадлежащая какъ рѣзкому, такъ и главному ряду, есть самая яркая изъ всѣхъ наблюдавшихся линій; она встрѣчается и въ нѣкоторыхъ спектрахъ туманностей (468.7). Наоборотъ, въ спектрѣ солнца и въ земномъ спектрѣ водорода она неизвѣстна. Напротивъ H (D, 5) и H (D, 3,) извѣстныя водородныя линіи $H\gamma$ и F, такъ же какъ и H (D, 4), H (D, 6) и H (D, 7), хорошо извѣстны въ спектрѣ солнца.

Новыя, открытыя въ ζ Puppis, линіи должны быть обозначены посредствомъ *H* (*P*, 9), *H* (*P*, 8) ... *H* (*P*, 4). Рюдбергъ думаетъ, что можно отожествить недостающія линіи: *H* (*P*, 3) съ найденною Кэмпбеллемъ во многихъ звѣздныхъ спектрахъ линіей 541.24, а *H* (*D*, 2) должна быть *Hα*. Не подлежитъ никакому сомнѣнію, конечно, что со временемъ будутъ найдены въ звѣздныхъ спектрахъ и остальныя, еще не открытыя, линіи. И во всякомъ случаѣ, это открытіе новыхъ водородныхъ линій есть одно изъ интереснѣйшихъ указаній того, какъ далеко можно проникнуть критическимъ взглядомъ и раціональнымъ разсчетомъ отъ уже извѣстныхъ данныхъ въ дѣлѣ предсказанія еще неизвѣстныхъ явленій.

Двойныя звѣзды. Часто можно замѣтить, въ особенности, если наблюдать звѣзды посредствомъ сильнаго телескопа, что двѣ звѣзды находятся очень близко одна отъ другой. Сначала думали, что двѣ линіи зрѣнія находятся близко одна отъ другой только въ силу случайности. Конечно, это и справедливо во многихъ случаяхъ, и такія двойныя звѣзды называются оптическими. Но чѣмъ болѣе изслѣдовали небо, тѣмъ очевиднѣе становилось, что число двойныхъ звѣздъ слишкомъ велико для того, чтобы всѣ ихъ можно было считать только оптическими парами (В. Гершель).

Предположивъ, что звѣзды распредѣлены на небѣ равномѣрно и что число звѣздъ до 8-ой величины простирается до 40000, В. Струве вычислилъ, сколько должно существовать двойныхъ звѣздъ ярче 8-ой величины съ разстояніемъ меньше 1″, съ разстояніемъ 1″—2″ и т. д.; онъ нашелъ слѣдующія числа:

Разст	Оптич. двойн. зв.	Наблюд. двойн. зв.
0″— 1″	0.007	62
1″— 2″	0.023	116
2″— 4″	0.089	133
4″— 8″	0.358	130
8″—12″	0.596	54
12″—16″	0.835	52
16″—24″	2.384	54
24″—32″	3.338	52.

Какъ видно изъ этой маленькой таблицы, разница между вычисленнымъ числомъ оптическихъ двойныхъ звѣздъ и числомъ наблюдаемыхъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе находятся звѣзды одна къ другой. Вслѣдствіе этого въ высшей степени вѣроятно, что меж-

ду составляющими большинства наблюденныхъ двойныхъ звѣздъ существуетъ физическая связь. Вѣроятность такого предположенія въ высокой степени увеличилась, благодаря новымъ наблюденіямъ, и въ настоящее время слѣдуетъ считать типичнымъ явленіемъ, что двѣ звѣзды или болѣе принадлежатъ одной и той же системѣ.

Конечно, чаще всего бываетъ, что двѣ звѣзды, составляющія пару, различны по величинѣ. Такъ, напримѣръ, Полярная звѣзда состоитъ изъ одной звѣзды второй и другой девятой величины, къ которой Кэмпбелль присоединилъ въ новѣйшее время еще болѣе слабую третью. Касторъ состоитъ изъ одной звѣзды второй и одной третьей величины и т. д. Иногда обѣ звѣзды почти одинаково ярки, напр. въ звѣздѣ γ Virginis, гдѣ обѣ звѣзды третьей величины.

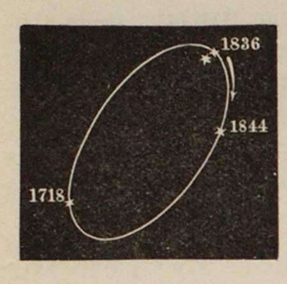


Рис. 16.

Такъ какъ двойныя звѣзды физически связаны, то онѣ должны обращаться около общаго центра тяжести. Это доказано для большого числа ихъ. Такъ напр., въ 1718 г. разстояніе составляющихъ γ Virginis по Брадлею было 7″. Это разстояніе постепенно уменьшалось до тѣхъ поръ, пока въ 1836 г. обѣ звѣзды не приблизились другъ къ другу на столько, что казались одной звѣздой. Съ этого времени ихъ разстояніе опять стало возростать и вычислено, что въ 1903 г. звѣзды должны занять то же взаимное положеніе, что и во время наблюденія Брадлея. Иными словами, время оборота равняется 185 годамъ. Взаимное положеніе обѣихъ звѣздъ видно изъ приложеннаго рисунка (рис. 16).

Слѣдующая таблица даетъ время оборота нѣсколькихъ изъ такъ называемыхъ телескопическихъ двойныхъ звѣздъ,

ζ Herculis	34	года
Сиріусъ	49	„
α Centauri	88	„
γ Coronae	96	„
δ Cygni	415	„
61 Cygni	783	„
Касторъ	1000	„

Орбиты двойныхъ звѣздъ представляются намъ, конечно, въ перспективномъ сокращеніи. На основаніи этой проекціи нетруд-

но построить при помощи второго закона Кеплера дѣйствительную орбиту.

Кромѣ этихъ двойныхъ звѣздъ при помощи спектроскопа были открыты такъ называемыя спектроскопическія двойныя звѣзды. Такъ напримѣръ, Фогель нашелъ, что яркая звѣзда Spica (Колосъ, α Virginis) представляетъ періодическія смѣщенія спектральныхъ линій, указывающія, что эта звѣзда то приближается къ намъ, то удаляется отъ насъ.

Такое движеніе трудно объяснить чѣмъ-нибудь инымъ, кромѣ предположенія, что Спика движется вокругъ нѣкоторой точки въ пространствѣ. Время оборота составляетъ только немного больше четырехъ дней и скорость звѣзды равняется 89 км. въ сек., если предположить, что лучъ зрѣнія лежитъ въ плоскости орбиты. Если орбита круговая, то окружность орбиты получится умноженіемъ числа секундъ, содержащихся въ четырехъ дняхъ, на 89; отсюда діаметръ орбиты получается приблизительно въ 10 милліоновъ км.,—разстояніе, составляющее не болѣе одной тридцатой части поперечника земной орбиты.

У Спики спутникъ невидимъ; въ другихъ же случаяхъ, напримѣръ, у звѣздъ β Возничаго и ζ Большой Медвѣдицы, обѣ составляющія обладаютъ собственнымъ свѣтомъ. Въ этихъ парахъ одна звѣзда движется по направленію къ намъ въ то время, какъ другая удаляется отъ насъ, и наоборотъ. Поэтому такія пары звѣздъ узнаются по раздвоенію спектральныхъ линій, которое временами исчезаетъ. Время оборота этихъ звѣздъ было опредѣлено Пикерингомъ въ 4 и 104 дня.

Относительно двухъ звѣздъ Сиріуса и Проціона было замѣчено, что ихъ собственное движеніе на небѣ не прямолинейно, а волнообразно. Поэтому сочли вѣроятнымъ, что эти двѣ звѣзды обращаются около двухъ другихъ, въ то время еще неизвѣстныхъ. Эти спутники были впослѣдствіи открыты Кларкомъ (Clarke, 1862) и Шэберле (Schaeberle, 1896). Спутникъ Сиріуса 9—10, спутникъ Проціона 13 величины. Ихъ очень трудно увидѣть въ яркомъ свѣтѣ главныхъ звѣздъ, почему они до послѣдняго времени и ускользали отъ наблюденія. Уже въ 1844 г. Бессель опредѣлялъ время обращенія спутника Сиріуса приблизительно въ 50 лѣтъ; позже его опредѣлили въ 53 года. Спутникъ Сиріуса движется около главнаго тѣла въ рѣзко эллиптической орбитѣ, и наибольшее удаленіе составляетъ 11″, наименьшее только 2.4″. Для спутника Проціона время обращенія опредѣлено приблизительно въ 40 лѣтъ. Его орбита также очень эксцентрическая.

Въ этихъ случаяхъ обѣ звѣзды должны двигаться вокругъ точки, находящейся между ними, именно вокругъ общаго центра тяжести. Къ этому присоединяется общее собственное движенiе обѣихъ звѣздъ перпендикулярно къ линiи зрѣнiя. Эти два движенiя очень легко выдѣлить изъ наблюденiй каждое отдѣльно. Когда затѣмъ извѣстны, каждое отдѣльно, движенiя обѣихъ звѣздъ вокругъ общаго центра тяжести, то изъ относительной величины этихъ движенiй можно вычислить и отношенiе обѣихъ массъ. Такимъ путемъ вычислили, что спутникъ Сирiуса приблизительно вдвое меньше самого Сирiуса, хотя онъ свѣтитъ въ 5000 разъ слабѣе. Вслѣдствiе этого, спутникъ Сирiуса нужно считать очень крупной звѣздой, весьма близкой къ угасанiю.

Далѣе, если извѣстны время обращенiя и истинное разстоянiе обѣихъ составляющихъ системы двойной звѣзды, то можно вычислить и величину притяженiя, т. е. пропорцiональную ей дѣйствительную массу обѣихъ звѣздъ. Разстоянiе обѣихъ звѣздъ очень легко вычислить, если извѣстенъ ихъ параллаксъ. Хотя послѣднiй опредѣленъ не очень точно, но найденныя такимъ образомъ числа не лишены, однако, интереса. Главная звѣзда въ α Centauri, ближайшей къ намъ звѣздѣ, должна находиться отъ своего спутника на разстоянiи 24 радiусовъ земной орбиты и должна обладать массою, приблизительно вдвое большей массы солнца. Звѣзда η Cassiopejae имѣетъ массу приблизительно въ 7 разъ больше солнечной, спутникъ ея приблизительно въ два раза. Масса Сирiуса должна превосходить массу нашего солнца въ 14 разъ, масса его спутника въ 7 разъ. Масса Процiона должна равняться 4, его спутника 0.7 солнечной массы. Эти двѣ звѣзды отстоятъ другъ отъ друга на 18 радiусовъ земной орбиты. Двойная звѣзда Мицаръ должна имѣть массу въ 40 разъ больше солнечной и взаимное разстоянiе составляющихъ въ 900 радiусовъ земной орбиты.

Эта оцѣнка, конечно, не можетъ быть очень точной. По новѣйшимъ опредѣленiямъ, напримѣръ, Сирiусъ оказался только вдвое больше солнца, а его спутникъ какъ разъ такой величины, какъ солнце. Масса двойной звѣзды 61 Cygni исключительно мала: она равна лишь четверти массы солнца.

Какъ видно изъ этихъ цифръ, массы наблюдавшихся звѣздъ въ общемъ очень велики, и равнымъ образомъ очень значительны и ихъ взаимныя разстоянiя, часто много больше радiуса орбиты Нептуна (30 радiусовъ земной орбиты). Послѣднее происходитъ отъ того, что до сихъ поръ мы наблюдаемъ въ этомъ отно-

шенiи только тѣ телескопическiя двойныя звѣзды, спутники которыхъ еще могутъ быть отдѣлены отъ своихъ главныхъ звѣздъ нашими оптическими средствами. Соотвѣтственно этому, до настоящаго времени мы видѣли звѣзды только съ очень большими взаимными разстоянiями; въ зависимости отъ того велико и время обращенiя. Между тѣмъ въ самое послѣднее время открыли телескопическiя двойныя звѣзды и съ относительно короткимъ временемъ обращенiя. Во времена Джона Гершеля ζ Herculis имѣла самое короткое время обращенiя изъ всѣхъ извѣстныхъ двойныхъ звѣздъ, 34 года. Затѣмъ нашли звѣзду 42 въ Волосахъ Вероники съ временемъ обращенiя въ 25 лѣтъ. Еще значительно болѣе короткiй перiодъ въ 11.5 лѣтъ нашли въ 1887 г. у β Equulei (Малаго Коня). Почти то же время обращенiя имѣетъ и $\varkappa$ Pegasi. Но скорость звѣзды Lalande 9091 ($AR = 4^{u}\ 45.6^{m}$, $D = +10^{0}\ 54'$) значительно превзошла всѣ упомянутыя,—перiодъ этой двойной звѣзды составляетъ по наблюденiямъ Си (See) только около 5.5 лѣтъ.

Съ другой стороны время обращенiя спектроскопическихъ двойныхъ звѣздъ относительпо коротко, потому что онѣ могутъ быть открыты только въ томъ случаѣ, если обращаются одна около другой очень быстро. Ближе всего къ телескопическимъ двойнымъ звѣздамъ подходитъ, кажется, η Pegasi, съ временемъ обращенiя, по наблюденiямъ Кэмпбелля, приблизительно въ два года.

Въ послѣднее время сдѣлано очень интересное наблюденiе относительно Капеллы. Эта звѣзда оказалась спектроскопической двойной звѣздой съ временемъ обращенiя въ 104 дня. Одна составляющая даетъ спектръ, сильно напоминающiй спектръ солнца, другая походитъ въ этомъ отношенiи на Процiонъ. При точномъ (телескопическомъ) изслѣдованiи въ Гриничѣ нашли, что Капелла кажется слегка удлиненной и что большiй поперечникъ ея вращается; онъ совершаетъ полный оборотъ въ перiодъ, близкiй къ тому, который былъ выведенъ изъ спектроскопическихъ наблюденiй. По величинѣ параллакса (0.08″ по Элькину, Elkin) вычислено, что разстоянiе между приблизительно равными по величинѣ составляющими этой пары почти вдвое больше (300 миллiоновъ км.) радiуса земной орбиты. Соотвѣтственно этому общая масса системы составляетъ около 100 солнечныхъ массъ. Капелла есть первая и спектроскопическая и телескопическая двойная звѣзда. Плоскость орбиты этихъ двухъ звѣздъ располо-

жена очень наклонно къ лучу зрѣнія, образуя съ послѣднимъ уголъ приблизительно въ 16°.

Распредѣленіе телескопическихъ двойныхъ звѣздъ по величинѣ періодовъ обращенія видно изъ слѣдующаго сопоставленія Си:

8	двойн.	звѣздъ	имѣютъ	время	обращ.	въ	11— 25	лѣтъ,
13	"	"	"	"	"	"	25— 50	"
19	"	"	"	"	"	"	50— 100	"
27	"	"	"	"	"	"	100— 200	"
12	"	"	"	"	"	"	200— 400	"
6	"	"	"	"	"	"	400—1800	" .

Въ одномъ отношеніи двойныя звѣзды весьма значительно отличаются отъ нашей солнечной системы; въ то время, какъ всѣ большія планеты обладаютъ эксцентриситетомъ меньшимъ 0.1, ни у одной изъ 40 вычисленныхъ Си двойныхъ звѣздъ не встрѣчается такого небольшого эксцентриситета: 6 изъ нихъ имѣютъ эксцентриситеты между 0.1 и 0.3, 17 между 0.3 и 0.5, 11 между 0.5 и 0.7, и 6 между 0.7 и 0.9. Средняя величина его составляетъ около 0.45.

Также замѣчательно приблизительное равенство величинъ членовъ пары, тогда какъ въ солнечной системѣ наибольшая планета—Юпитеръ—не достигаетъ даже и тысячной доли массы центральнаго тѣла.

Изъ спектральныхъ телескопическихъ двойныхъ звѣздъ значительное большинство принадлежитъ типу 2 (Капеллы), только очень немногія, около 14 процентовъ, типу 1 (Сиріуса) или типу Арктура (7 проц.) Къ третьему типу (красноватыхъ звѣздъ) не принадлежитъ ни одна двойная звѣзда.

Часто двѣ составляющія двойной звѣзды различно окрашены, напримѣръ, одна изъ нихъ голубая, а другая желтая. Отчасти это можетъ зависѣть отъ физіологическихъ причинъ, такъ какъ вблизи окрашеннаго предмета чисто бѣлый кажется окрашеннымъ въ дополнительный цвѣтъ. Но что во многихъ случаяхъ это явленіе совершенно объективное, можно легко убѣдиться, закрывая одну звѣзду въ полѣ зрѣнія. Это ясно и изъ спектральныхъ изслѣдованій. Такъ напримѣръ, Гёггинсъ показалъ, что въ двойной звѣздѣ β Cygni болѣе слабая звѣзда 5.3 величины кажется голубовато-бѣлою и даетъ спектръ, характерный для бѣлыхъ звѣздъ, а болѣе яркая звѣзда 3 величины принадлежитъ къ желтоватымъ звѣздамъ и, можетъ быть, имѣетъ температуру, немного выше

солнечной (въ ея спектрѣ линія кальція *K* тоньше линіи *H*). Но странно, что въ большинствѣ наблюдавшихся случаевъ меньшая звѣзда излучаетъ болѣе голубой свѣтъ, чѣмъ главная. Было бы естественно ожидать, что большія тѣла, какъ и въ нашей планетной системѣ, вообще имѣютъ и болѣе высокую температуру. Если оба тѣла возникли одновременно, напримѣръ, вслѣдствіе раздѣленія одной общей массы, то слѣдовало бы ожидать, что меньшее тѣло охладится скорѣе (см. ниже главу „Космогонія").

Отношеніе бѣлыхъ и желтыхъ звѣздъ къ солнечной системѣ. Звѣзды 2 типа имѣютъ значительно большее собственное движеніе, чѣмъ звѣзды 1 типа. Изъ 108 звѣздъ съ большимъ собственнымъ движеніемъ (болѣе 0.5″ въ годъ) 92 звѣзды принадлежатъ типу Капеллы, 9 Сиріуса, 6 Арктура и 1 типу 3. Напротивъ, по лучу зрѣнія звѣзды 1 и 2 типа имѣютъ одинаковое движеніе (17.4 и 17.6 км. въ сек.). Всѣ эти обстоятельства указываютъ на то, что сравнительно немногочисленныя звѣзды типа Капеллы находятся относительно очень близко отъ насъ. Слѣдовательно, солнечная система окружена группой желтоватыхъ звѣздъ, къ которой, очевидно, принадлежитъ и солнце. Но бѣлыя звѣзды, находящіяся на томъ же разстояніи, вообще много ярче желтоватыхъ; такъ напримѣръ, Сиріусъ свѣтитъ въ 53 раза ярче солнца, а массу имѣетъ только въ 14 разъ большую. Затѣмъ бѣлый Альголь съ параллаксомъ въ 0.036″ находится на разстояніи 80 свѣтовыхъ годовъ и приблизительно въ 7 разъ ярче солнца; между тѣмъ онъ имѣетъ массу только въ половину солнечной.

Можно было бы спросить: не зависитъ ли эта относительно незначительная яркость желтыхъ звѣздъ отъ того, что въ общемъ онѣ обладаютъ меньшими массами, чѣмъ бѣлыя. Этого, однако, въ дѣйствительности нѣтъ, потому что въ такомъ случаѣ спутники желтыхъ звѣздъ имѣли бы въ среднемъ большія времена обращенія, чѣмъ спутники бѣлыхъ звѣздъ; на самомъ же дѣлѣ, повидимому, происходитъ обратное. Слѣдовательно, относительно большая яркость звѣздъ 1 типа должна быть приписана ихъ высокой температурѣ. Какъ извѣстно, тепловое излученіе нагрѣтаго тѣла относительно быстро увеличивается съ температурою. Законъ Стефана (Stefan) гласитъ, что тепловое излученіе повышается пропорціонально четвертой степени абсолютной температуры. Еще быстрѣе повышается съ температурою свѣтовое излученіе, и потому неудивительно, что звѣзды, имѣющія наибо-

лѣе высокую температуру, обладаютъ огромною яркостью сравнительно съ ихъ массами.

Перемѣнныя звѣзды типа Альголя. Нѣкоторыя изъ двойныхъ звѣздъ, такъ называемыя перемѣнныя звѣзды, занимаютъ особое мѣсто. Легче всего поддаются объясненію явленія въ перемѣнныхъ звѣздахъ, названныхъ по имени наилучше изслѣдованнаго представителя ихъ, Альголя (β Persei). Альголь есть звѣзда второй (2.2) величины. Впродолженіе $2^1/_2$ дней она свѣтитъ съ одинаковой силой, затѣмъ ея блескъ начинаетъ убывать и въ $4^1/_2$ часа понижается на 1 величину; потомъ въ теченіе $4^1/_2$ часовъ онъ снова увеличивается до прежней яркости. Весь періодъ этой перемѣны блеска составляетъ 2 дня 20 часовъ 48 минутъ 53.8 секунды. Это относительно непродолжительное сильное убываніе яркости приписываютъ затменію, происходящему вслѣдствіе того, что каждые 69 часовъ темный спутникъ становится на линіи зрѣнія между нами и Альголемъ и при этомъ отчасти закрываетъ собою Альголь. Пикерингъ опредѣлялъ яркость Альголя въ различное время и нашелъ, что спутникъ отнимаетъ 0.584 излучаемаго Альголемъ свѣта. Если предположить, что спутникъ помѣщается цѣликомъ на дискѣ Альголя, то его поверхность должна составлять 0.584 поверхности Альголя, слѣдовательно діаметръ — 0.764 діаметра и масса — 0.446 массы Альголя, допуская, что оба тѣла обладаютъ одинаковымъ удѣльнымъ вѣсомъ. Далѣе, мы знаемъ изъ спектроскопическихъ измѣреній, что скорость Альголя въ орбитѣ (въ этомъ случаѣ лучъ зрѣнія лежитъ, конечно, въ плоскости орбиты) составляетъ 42 км. въ секунду. Предположивъ, что обѣ орбиты круговыя, мы находимъ отсюда скорость спутника около общаго центра тяжести = 42 : 0.446 = 94 км. въ секунду. Если представить себѣ Альголь неподвижнымъ, то спутникъ будетъ описывать около него кругъ со скоростью 42 + 94 км. въ сек. Этотъ кругъ описывается въ $2^д\ 20^ч\ 48^м\ 53.8^с$, т. е. въ 247 734 секунды, слѣдовательно, его окружность равна 3.37×10^7 км., а радіусъ орбиты 5.36×10^6 км. Время же, протекающее между началомъ и концомъ ослабленія Альголя, составляетъ 9 часовъ 10 минутъ. Если A (рис. 17) есть сѣченіе Альголя, B сѣченіе спутника въ началѣ, B' въ концѣ затменія, то лучъ зрѣнія SS касается спутника и Альголя въ началѣ затменія, а лучъ зрѣнія $S'S'$ въ концѣ затменія. Легко видѣть, что если B проходитъ передъ

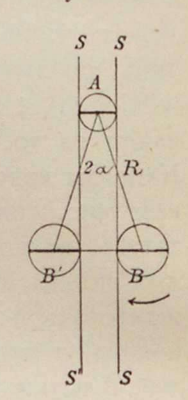


Рис. 17.

A центрально, то разстоянiе BB' центровъ спутника будетъ въ двухъ положенiяхъ равно суммѣ обоихъ дiаметровъ (d и d_1) Альголя и спутника. Далѣе, если между началомъ и концомъ затменiя спутникъ описалъ уголъ въ 2α, а R есть радiусъ орбиты, то

$$\frac{d+d_1}{2} = R \sin \alpha.$$

Но такъ какъ 247 734 секунды соотвѣтствуютъ прохожденiю всей орбиты ($=360^0$), а 9ч 10м $=$ 33 000 сек. описыванiю угла 2α, то $\alpha = 23^0\ 58'$. Слѣдовательно, $d + d_1 = 4.35 \times 10^6$ км., откуда d (дiаметръ Альголя) $= 2.47 \times 10^6$, а d_1 (дiаметръ спутника) $= 1.88 \times 10^6$ км. Далѣе, изъ законовъ Кеплера можно вывести, что для двухъ солнцъ съ массами M и M_1 и двухъ ихъ планетъ на разстоянiяхъ R и R_1, съ массами m и m_1 и временами обращенiя T и T_1 имѣетъ мѣсто отношенiе

$$\frac{M+m}{M_1+m_1} = \frac{T^2{}_1\, R^3}{T^2\, R_1{}^3}.$$

Если мы возьмемъ за эти два солнца наше солнце и Альголь, за планеты землю и спутника Альголя, то

$$R = 149 \times 10^6 \text{ км}, \quad T = 365 \text{ дней}$$
$$R_1 = 5.36 \times 10^6 \text{ км}, \quad T_1 = 2.87 \text{ дней}.$$

Отсюда

$$M_1 + m_1 = 0.75\ (M + m).$$

Но такъ какъ земной массой m можно безъ большой погрѣшности пренебречь въ сравненiи съ солнечной, а масса спутника (m_1) составляетъ приблизительно половину массы Альголя (M_1), то оказывается, что Альголь имѣетъ массу, равную приблизительно половинѣ, его спутникъ — приблизительно одной четверти солнечной массы.

Солнечный дiаметръ составляетъ около 1.38×10^6 км., слѣдовательно, только немного больше половины дiаметра Альголя. Отсюда можно вычислить, что вещество Альголя въ 11.3 раза менѣе плотно, чѣмъ вещество солнца. Такъ какъ Альголь бѣлая звѣзда и имѣетъ значительно болѣе высокую температуру, чѣмъ солнце, то естественно, что вещество его менѣе уплотнено, чѣмъ вещество солнца.

Звѣздъ, подобныхъ Альголю, извѣстно довольно много. Онѣ называются звѣздами типа Альголя. Онѣ представляютъ совер-

шенно особенный интересъ, такъ какъ для нихъ мы въ состоянiи опредѣлить важнѣйшiя соотношенiя величинъ и массъ. Правда, пока мы объ этихъ звѣздахъ можемъ говорить только, какъ о спектроскопическихъ объектахъ, т. е. пока мы еще не въ состоянiи опредѣлить прямымъ наблюденiемъ истинныя орбиты, приходится довольствоваться приблизительнымъ вычисленiемъ; въ немъ орбита принимается за круговую, а относительно спутника предполагается, что онъ становится цѣликомъ передъ главной звѣздой. Во всякомъ случаѣ получается правильно, по крайней мѣрѣ, порядокъ величинъ; а во многихъ случаяхъ это именно и важнѣе всего.

Звѣзды типа Альголя имѣютъ относительно долгiй перiодъ постояннаго блеска и короткiй, сравнительно рѣзкiй минимумъ блеска. Перiодъ измѣненiя остается постояннымъ; впрочемъ, болѣе точныя изслѣдованiя установили фактъ измѣненiй длины перiодовъ, объяснить которыя трудно. Далѣе, Плассманнъ (Plassmann) доказалъ, что почти въ серединѣ перiода постоянной яркости происходитъ очень небольшое уменьшенiе свѣта; это, повидимому, указываетъ на то, что спутникъ не есть совершенно темное тѣло. Рис. 18 изображаетъ графически измѣненiя яркости (въ звѣздныхъ величинахъ) Альголя и нѣсколькихъ другихъ перемѣнныхъ звѣздъ. Абсциссы представляютъ время въ часахъ, ординаты яркость.

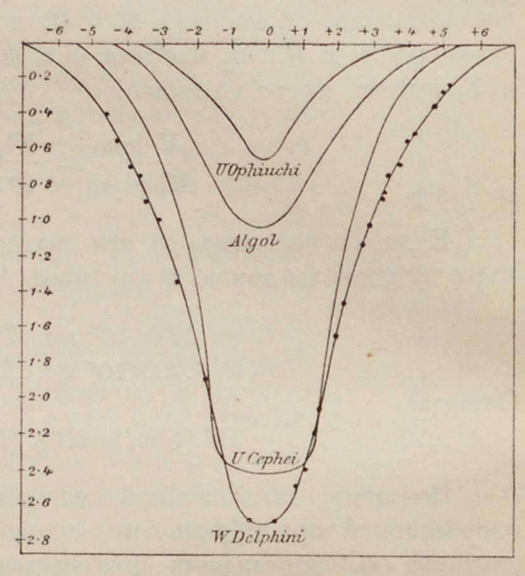


Рис. 18

Перiоды извѣстныхъ до сихъ поръ звѣздъ типа Альголя заключаются между 20.1 час. (*U* Ophiuchi) и 9.5 сутками (*S* Cancri). Амплитуда измѣненiя блеска имѣетъ отъ 0.7 до 3 приблизительно величинъ.

Другiя перемѣнныя звѣзды. Еще болѣе запутанную перемѣнность блеска представляетъ изслѣдованная Дунеромъ звѣзда Y Cygni съ двумя минимумами,

Дунеръ объяснилъ такую перемѣнность Y Cygni тѣмъ, что одна звѣзда проходитъ между первымъ и вторымъ минимумами черезъ періастрій, т. е. приближается на самое близкое разстояніе къ другой, и вслѣдствіе этого, согласно второму закону Кеплера, употребляетъ на эту часть своего пути болѣе короткое время, чѣмъ между вторымъ и третьимъ (= первымъ) минимумами, когда она проходитъ чрезъ апастрій (наибольшее разстояніе звѣзды). Эти два промежутка составляютъ 34ч 11м 10с и 37ч 43м 43с, вмѣстѣ 3 дня безъ 307 секундъ. Длина періодовъ между обоими минимумами не остается вполнѣ одинаковой, что должно указывать на движеніе линіи апсидъ (см. дальше главу „Солнечная система“) [1]).

Дунеръ доказалъ, что главная звѣзда двойной звѣзды ζ Herculis есть перемѣнная того же рода, что Y Cygni. Измѣненія блеска этой звѣзды объясняются допущеніемъ, что она представляетъ собой систему двухъ составляющихъ, изъ которыхъ одна вдвое ярче другой. Онѣ обращаются одна вокругъ другой въ теченіе 3 дней 23 часовъ 48 минутъ 3 секундъ въ эллиптической орбитѣ, большая полуось которой въ шесть разъ больше средняго поперечника этихъ звѣздъ. Плоскость орбиты проходитъ черезъ солнце, а эксцентриситетъ равенъ 0.2475.

Очень близко къ звѣздамъ типа Альголя примыкаютъ еще нѣкоторыя, у которыхъ минимумъ свѣта составляетъ, однако, очень значительную долю періода; напримѣръ, *S* Воздушнаго Насоса, гдѣ весь періодъ составляетъ только 7 часовъ 46 минутъ. Въ этомъ случаѣ возростаніе блеска начинается непосредственно послѣ окончанія убыванія. На эту звѣзду походятъ еще нѣкоторыя звѣзды со многими неправильностями, какъ δ Cephei (рис. 19) и β Lyrae. Только періодъ здѣсь много длиннѣе (5д 8ч 47м 40с и 12д 22ч). Въ общемъ возростаніе блеска происходитъ для этихъ звѣздъ, какъ и для звѣздъ типа Mira, быстрѣе, нежели убываніе. Нѣкоторыя изъ нихъ имѣютъ двойные, различной степени, максимумы и минимумы.

Довольно часто минимумы этихъ звѣздъ не приходятся на тѣ моменты, когда звѣзды стоятъ въ соединеніи, которые можно

[1]) Для поясненія сказаннаго можетъ послужить рис. 16: пусть, напримѣръ, линія зрѣнія (линія звѣзда — земля) проходитъ черезъ главную звѣзду параллельно длинной сторонѣ страницы. Тогда часть эллиптическаго пути спутника вправо отъ этой линіи будетъ, очевидно, короче остальной части его пути и мы получимъ явленіе перемѣны блеска въ томъ видѣ, въ какомъ оно происходитъ у Y Cygni. Еслибы линія апсидъ (большая ось орбиты) совпадала съ линіей зрѣнія, то эти интервалы между пониженіями блеска были бы совершенно одинаковы.

установить по смѣщеніямъ спектральныхъ линій. Звѣзда η Aquilae имѣетъ темнаго спутника; періодъ измѣненія ея блеска составляетъ 7.176 дней; она описываетъ орбиту съ эксцентриситетомъ 0.49, минимумы свѣта наступаютъ за 2.1 и 1.4 дней до соединенія. Такія явленія привели къ взгляду, что яркость этихъ звѣздъ зависитъ отъ приливной волны: на землѣ морская приливная волна приходится не въ тотъ именно моментъ, когда луна стоитъ въ зенитѣ; такъ же можетъ обстоять дѣло и на этихъ небесныхъ тѣлахъ. Приливная волна можетъ измѣнять блескъ звѣзды черезъ посредство сильно поглощающей болѣе холодной газовой оболочки; при этомъ время прохожденія ея черезъ обращенную къ намъ сторону звѣзды можетъ не совпадать съ моментомъ, когда темный спутникъ стоитъ на линіи зрѣнія прямо передъ звѣздой или позади нея.

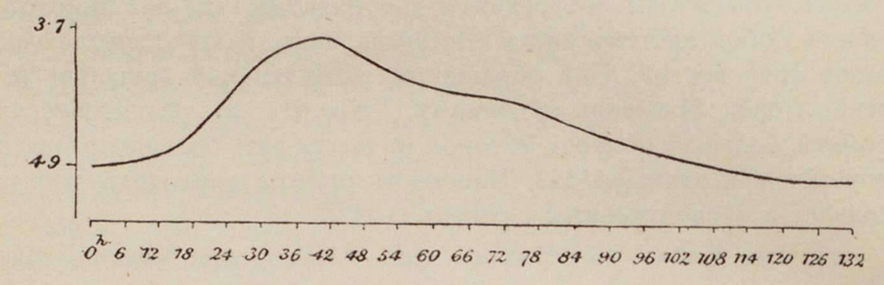


Рис. 19. Періодическое измѣненіе блеска δ Cephei.

Въ новѣйшее время открыто много перемѣнныхъ звѣздъ этого рода. Самый короткій періодъ (0.23 дня) имѣетъ *U* Pegasi ($AR = 23^ч\ 53^м$, $D = +15^\circ\ 24'$); затѣмъ слѣдуетъ *R* Muscae ($AR = 12^ч\ 36^м$, $D = -68^\circ\ 52'$) съ 0.88 дн. Всѣ звѣзды типа Альголя бѣлыя и поэтому находятся въ первой стадіи развитія. Звѣзды типа β Lyrae, кажется, развиты еще меньше: всѣ онѣ имѣютъ въ спектрѣ всѣ линіи гелія, въ томъ числѣ и Оріонову линію, и окутаны плотною атмосферою водорода. Эти звѣзды, можетъ быть, имѣютъ очень высокую температуру и окружены туманной оболочкой. По спектроскопическому характеру онѣ являются очень тѣсными двойными звѣздами.

Весьма своеобразны измѣненія блеска нѣкоторыхъ перемѣнныхъ звѣздъ съ неправильнымъ періодомъ колебанія яркости.

Къ этому роду принадлежитъ Бетельгейзе (α Orionis), которая неправильно колеблется между 1.0 и 1.4 величиною. Другой подобной звѣздой является *U* Близнецовъ,—бѣлая звѣзда 13 величиныусиливающая иногда свой блескъ на три величины.

Звѣзды типа Mira. Уже давно извѣстенъ очень многочисленный классъ перемѣнныхъ звѣздъ, которыя по первому примѣру, такъ называемой Mira Ceti, „Дивной“ звѣзды въ Китѣ, называются звѣздами типа Миры. Ихъ періоды очень продолжительны,— отъ двухъ-трехъ мѣсяцевъ до нѣсколькихъ лѣтъ. Уже въ XVII вѣкѣ знали, что Mira (о) Ceti весьма значительно мѣняетъ свой блескъ. При наибольшей яркости она иногда сіяетъ звѣздою первой—второй и, во всякомъ случаѣ, ярче пятой величины; 10 недѣль спустя послѣ этого максимума она уже невидима простымъ глазомъ,—ея яркость падаетъ до 9.5 величины. Затѣмъ ея блескъ снова увеличивается, она становится видимой простому глазу и по истеченіи еще шести недѣль она достигаетъ максимальной яркости. Весь періодъ составляетъ въ среднемъ около одиннадцати мѣсяцевъ и колеблется въ обѣ стороны около этого средняго.

Эта звѣзда принадлежитъ къ краснымъ звѣздамъ со свѣтлыми линіями и полосами въ спектрѣ. Она удаляется отъ насъ со значительною скоростью около 63 км. въ сек. Свѣтлыя линіи принадлежатъ водороду. Онѣ часто расширяются и даютъ каждая три линіи, по которымъ лучевыя скорости выходятъ примѣрно въ +35, +60 и +82 км. Но это временное расчлененіе линій водорода зависитъ, быть можетъ, не отъ того, что три тѣла вращаются одно вокругъ другого, а только отъ разницы давленій (? Кэмпбелль).

Періоды звѣздъ типа Миры колеблются между 65 днями и двумя годами. Вѣроятно, существуютъ подобныя звѣзды съ еще болѣе продолжительнымъ періодомъ, до сихъ поръ ускользающія отъ наблюденія.

Около 60 процентовъ ихъ относится къ краснымъ звѣздамъ, 27 процентовъ принадлежатъ къ типамъ, среднимъ между желтыми и красными, остальныя на половину желтыя, на половину бѣлыя или желтовато-бѣлыя. Эти звѣзды чрезвычайно мѣняютъ свою яркость, иногда въ отношеніи 1 : 100. Измѣнчивость длины періодовъ также характерна для звѣздъ типа Миры. Весьма замѣчательна та особенность, что длина періодовъ (P) увеличивается вмѣстѣ съ усиленіемъ красноватой окраски. Слѣдующая маленькая таблица даетъ степени красноватости (F), причемъ 0 означаетъ бѣлый цвѣтъ, а 10 самый густой красный — рубиновокрасный, n есть число звѣздъ каждой группы:

F	P	n	F	P	n
9	445 дн.	5	4	301 дн.	17
8	418 „	1	3	279 „	21

7	399	„	6	2	274	„	23
6	372	„	17	1	251	„	12
5	339	„	14	0	134	„	5.

Наиболѣе длинными періодами обладаютъ очень красныя звѣзды *S* Cassiopejae (611 дней) и *V* Hydrae (575 дней). Эта закономѣрность была указана Чендлеромъ (Chandler).

Какъ уже было указано выше относительно спектральныхъ типовъ, спектры красныхъ звѣздъ нѣсколько сходны со спектрами солнечныхъ пятенъ въ томъ отношеніи, что темныя линіи металловъ очень расширены и иногда сопровождаются свѣтлыми линіями. Это обстоятельство объясняютъ слѣдующимъ образомъ: солнце можно считать въ извѣстной мѣрѣ перемѣнной звѣздой съ одиннадцатилѣтнимъ періодомъ, такъ какъ солнечныхъ пятенъ появляется больше каждыя одиннадцать лѣтъ. Періодъ солнечныхъ пятенъ характеризуется тѣмъ, что количество ихъ повышается болѣе рѣзко, чѣмъ понижается; поэтому яркость солнца измѣняется такъ же, какъ яркость звѣздъ типа Миры, если принять вѣроятное предположеніе, что при большемъ числѣ пятенъ солнце свѣтитъ сильнѣе, чѣмъ при меньшемъ.

Колебанія блеска солнца, во всякомъ случаѣ, настолько незначительны, что составляютъ только небольшой процентъ общаго количества его свѣта. Но если мы представимъ себѣ дѣятельность солнечныхъ пятенъ значительно сильнѣе, а періодъ ея короче, то мы получимъ условія, напоминающія тѣ, которыя господствуютъ на звѣздахъ типа Миры. Естественно думать, что пятна являются признаками увеличивающагося возраста; въ такомъ случаѣ они должны играть въ старыхъ красныхъ звѣздахъ гораздо большую роль, чѣмъ на нашемъ солнцѣ.

Но не слѣдуетъ сравнивать періодъ звѣздъ типа Миры съ одиннадцатилѣтнимъ періодомъ солнечныхъ пятенъ: на звѣздахъ типа Миры пятна могутъ быть очень обширны и могуть появляться преимущественно на однихъ и тѣхъ же мѣстахъ поверхности звѣзды. Въ такомъ случаѣ этотъ періодъ совпадалъ бы съ періодомъ вращенія звѣзды. Такимъ образомъ можно было бы объяснить колебанія продолжительности періода (они имѣются и у солнца). Затѣмъ, предполагали также, что съ этою перемѣнностью связаны приливныя явленія. Эту мысль, кажется, трудно провести до конца. Локіеръ (Lockyer), наконецъ, предполагаетъ, что эти перемѣнныя звѣзды, описывая нѣкоторую орбиту, встрѣчаютъ при этомъ рои метеоровъ „какъ наша земля въ своей орбитѣ и притомъ, какъ и земля, въ извѣстныя времена года“. Трудно, кажет-

ся, согласовать съ этимъ большія колебанія продолжительности періодовъ, а также и понять при этомъ допущеніи законъ Чендлера. Пришлось бы предполагать, что „самыя старыя небесныя тѣла" имѣютъ наиболѣе продолжительное время оборота, тогда какъ, повидимому, нѣтъ никакой связи между возрастомъ звѣзды и временемъ ея обращенія въ орбитѣ. Напротивъ, уменьшеніе скорости вращенія или скорости приливной волны съ увеличеніемъ возраста звѣзды представляется естественнымъ.

Перемѣнныя звѣзды распредѣлены по небу неравномѣрно. Въ нѣкоторыхъ звѣздныхъ скопленіяхъ, какъ G. C. 5272 въ Волопасѣ и 5904 въ Змѣѣ, изъ 900 звѣздъ 132 и 85 перемѣнныя; въ другихъ, какъ G. C. 869 и 884 въ Персеѣ, на 1050 звѣздъ приходится только одна перемѣнная. Вообще, перемѣнныя звѣзды встрѣчаются чаще всего въ тѣхъ звѣздныхъ кучахъ, гдѣ звѣзды лежатъ очень густо. Точно также онѣ иногда бываютъ скучены на одной сторонѣ какой-нибудь звѣздной группы и почти отсутствуютъ на другой.

Новыя звѣзды. Этимъ именемъ обозначаютъ звѣзды, которыя появляются внезапно, свѣтятъ нѣкоторое время, пока постепенно не потеряютъ своей яркости и не исчезнутъ совершенно. Самая извѣстная изъ всѣхъ новыхъ звѣздъ названа по имени знаменитаго датскаго астронома Тихо Браге, звѣздой Тихо. 8 ноября 1572 г. въ созвѣздіи Кассіопеи не было видно ничего особеннаго, но на слѣдующій день тамъ появилась звѣзда, далеко превзошедшая яркостью всѣ остальныя неподвижныя звѣзды, — ее можно было видѣть даже въ полдень. Новая звѣзда, которую наблюдалъ Тихо Браге, сохраняла свой необыкновенный блескъ нѣсколько недѣль, затѣмъ яркость ея стала падать, и четыре мѣсяца спустя послѣ появленія она убыла до яркости звѣзды первой величины. Въ то же время первоначально бѣлый цвѣтъ ея постепенно становился все болѣе краснымъ. Въ маѣ 1573 г. она была 2—3 величины и нѣсколько бѣлѣе. Въ ноябрѣ она была едва видна, а съ марта 1574 г. ея больше не видѣли вовсе. Въ настоящее время на мѣстѣ, указанномъ Тихо Браге, видна только звѣздочка 11 величины, быть можетъ, остатокъ нѣкогда столь блестящей звѣзды Тихо.

Можетъ возникнуть вопросъ, не была ли эта новая звѣзда, быть можетъ, перемѣнной съ очень длиннымъ періодомъ. Но въ высшей степени невѣроятно, чтобы звѣзда Тихо ускользнула отъ вниманія наблюдателей, если она возгоралась раньше до вспышки въ ноябрѣ 1572 г. Поэтому врядъ ли возможно отнести эту

звѣзду къ классу звѣздъ типа Миры, хотя во многихъ отношеніяхъ она обладала рѣшительнымъ сходствомъ съ ними.

Китайскія хроники сохранили указанія на появленіе нѣсколькихъ новыхъ звѣздъ и на ихъ мѣста. Они не совпадаютъ съ мѣстомъ звѣзды Тихо. Изъ среднихъ вѣковъ также сохранились повѣствованія о нѣсколькихъ такихъ явленіяхъ, но лишь появленія новыхъ звѣздъ въ новѣйшее время расширили въ замѣтной степени свѣдѣнія о нихъ.

Въ 1600 и 1604 годахъ появились двѣ новыя звѣзды. Первая изъ нихъ была 3 величины; яркость ея впослѣдствіи колебалась нѣсколько разъ, то снова достигая этой величины, то убывая до невидимости; наконецъ, она остановилась на 6 величинѣ; теперь она носитъ обозначеніе 34 или *P* Cygni. Вторая была 1 величины, была изслѣдована Кеплеромъ и исчезла черезъ 16 мѣсяцевъ. Затѣмъ двѣ Novae приходятся на 1612 и 1670 г., послѣ чего слѣдующая Nova была отмѣчена только въ 1848 г., когда Гайндъ (Hind) открылъ одну звѣзду 4.5 величины, ослабѣвшую въ 1850 г. до 11 величины.

Позднѣе было открыто нѣсколько новыхъ телескопическихъ звѣздъ, первая—Ауверсомъ въ созвѣздіи Скорпіона въ 1860 г. Въ новѣйшее время для ихъ открытія стали прилагать самыя сильныя спектроскопическія средства. Съ этого времени мы должны отмѣтить относительно много новыхъ звѣздъ, наиболѣе замѣчательныя изъ которыхъ появились въ 1866 г. въ Сѣверномъ Вѣнцѣ, въ 1876 г. въ Лебедѣ, въ 1885 г. въ туманности Андромеды, въ 1892 г. въ Возничемъ, въ 1893 г. въ Наугольникѣ и въ 1895 г. въ Центаврѣ.

Обѣ послѣднія открыты на Арекипской обсерваторіи г-жею Флемингъ (Fleming), которая съ 1895 г. увеличила число Novae 7 звѣздами. Въ послѣднее время почти каждый годъ находится новая Nova, вслѣдствіе чего значительно обогатились наши свѣдѣнія объ этихъ своеобразныхъ небесныхъ тѣлахъ. До 1895 г. было въ общемъ извѣстно только 14 Novae.

Новая звѣзда въ Сѣверномъ Вѣнцѣ (*T* Coronae) появилась въ ночь на 12 мая 1866 г. звѣздою 2—3 величины на мѣстѣ, гдѣ прежніе каталоги отмѣчали звѣзду 9—10 величины. Въ нѣсколько часовъ она такимъ образомъ стала ярче на нѣсколько величинъ. Вскорѣ она опять ослабѣла, такъ что въ концѣ мѣсяца она понизилась до первоначальной величины, на которой затѣмъ и осталась. Спектроскопическое изслѣдованіе Гёггинса обнаружило смѣсь свѣтлыхъ линій (водорода) и темныхъ (Табл. II, 4).

Новая звѣзда въ Лебедѣ была открыта Шмидтомъ (Schmidt) въ Аѳинахъ 14 ноября 1876 г., въ видѣ красноватой звѣзды 3—4 величины; затѣмъ она стала медленно ослабѣвать, въ октябрѣ 1877 г. была 10, въ февралѣ 1878 г. слабѣе 11 величины. Спектръ этой звѣзды былъ изслѣдованъ многими наблюдателями. Линія водорода *Hα* (*C* солнца = 658 μμ) слабѣла быстро, тогда какъ *Hβ* (486.2 μμ) оставалась сравнительно неизмѣнной. Напротивъ, линія туманностей 500.7 μμ все усиливалась, пока не стала самою яркою. Этотъ порядокъ является характернымъ для новыхъ звѣздъ. Другія линіи были 594?, 588 *He*, 581 линія звѣздъ Вольфа-Рэйе, 530 коронія, 516?, 501 и 496 линіи Nebulosa, 468 новая линія *H* (ср. стр. 46), 456 линія *H*, 451?, 435 линія *H*.

Сплошной спектръ новой звѣзды скоро ослабѣлъ, начиная съ фіолетоваго конца, и постепенно перешелъ въ типичный спектръ туманности, въ которомъ преобладаютъ газы высшихъ частей солнечной атмосферы (водородъ, гелій и короній) на ряду съ веществомъ туманностей.

Нѣсколько иначе дѣло обстояло съ Nova 1885 г. въ туманности Андромеды. При открытіи 17 августа 1895 г. она была 6 величины, въ началѣ сентября—8, въ октябрѣ—10, въ ноябрѣ—11 и въ январѣ 1896 г.—12, а затѣмъ постепенно исчезла. Какъ и Nova 1860 г., она находилась въ звѣздной кучѣ. Она давала только сплошной спектръ, постепенно ослабѣвавшій.

Точнѣе всего изучена новая звѣзда Nova Aurigae. Впервые ее увидѣли 23 января 1892 г.; но это было уже послѣ того, какъ она перешла максимумъ своей яркости, какъ показали предшествовавшія наблюденія Гарвардской обсерваторіи въ Кэмбриджѣ (Соед. Штаты С. Ам., Harvard College, Cambridge). Въ началѣ года она испытала нѣсколько неправильныхъ колебаній блеска, въ концѣ апрѣля исчезла совершенно, а въ августѣ 1892 г. была снова открыта въ видѣ туманности. Ея спектръ, переданный по рисунку Кэмпбелля 28 февраля 1892 г. (рис. 7^b) показываетъ тѣ же линіи, что и названная выше Nova Cygni, рис. 7^a указываетъ относительную силу свѣта въ различныхъ частяхъ спектра. Линіи очень широки и свѣтлы, къ фіолетовому концу ограничены широкими темными полосами. Когда эта звѣзда была открыта вторично (1892), она, какъ сказано, давала спектръ туманностей, въ которомъ прежде всего были замѣтны линіи 436 и 575, ослабѣвшія, однако, въ 1896 до десятой доли первоначальной интенсивности и въ настоящее время исчезнувшія. Эти линіи найдены въ нѣсколькихъ—немногихъ (5 и 3)—туманностяхъ. Обѣ же ли-

нiи туманностей 500 и 496, какъ и водородныя линiи $H\beta$ (486.2) и $H\gamma$ (410.2), не измѣнили своей яркости съ 1892 г.

Nova Normae 10 iюля 1893 г., которая, будучи вначалѣ 7 величины, ослабѣла къ февралю 1894 г. до 10 величины, перешла, подобно своей предшественницѣ и Nova Cygni, въ газообразную туманность. Новая звѣзда Nova Centauri (Гарвардская звѣзда) 1895 давала все время сплошной спектръ. Она имѣла яркость: при открытiи 10 iюля 1895—7.2 величины, 19 декабря—11, въ 1896 г.: 11 iюня—14.4; 9 iюля—16; а съ начала 1897 г. ее вовсе нельзя было найти. Гёссей (Hussey) нашелъ ее (въ iюнѣ 1896 г.) окруженною туманностью съ совершенно инымъ спектромъ (500.7, 495.9, 486.2 и 469.0?, двѣ линiи туманностей и двѣ линiи H, ср. стр. 34 и 46). Можетъ быть, эта туманность раньше ускользала отъ наблюденiя по причинѣ относительно значительной яркости Nova.

Сравнительно яркую новую звѣзду нашла г-жа Флемингъ въ мартѣ 1898, на границѣ между Стрѣльцомъ и Орломъ (AR = $18^{ч}$ $56.2^{м}$, D = —13° 18′). При открытiи она была 5 величины, годомъ позже только 10.

Своеобразныя смѣщенiя линiй въ спектрѣ Nova Aurigae дали поводъ ко многимъ догадкамъ. Свѣтлыя линiи, ограниченныя темными со стороны фiолетоваго конца, даютъ поводъ думать, что мы имѣемъ здѣсь газообразную туманность и солнце (темныя линiи), которыя двигались другъ относительно друга со скоростью 900 км. въ сек. Эта скорость была постоянной; подобная же скорость наблюдалась у Nova Normae (1893), равно какъ и у звѣздъ β Lyrae и P Cygni (Nova 1600). У этихъ послѣднихъ также происходятъ перiодическiя смѣщенiя линiй, свидѣтельствующiя о круговомъ движенiи этихъ двойныхъ звѣздъ. Но такiя большiя движенiя не могутъ быть слѣдствiемъ притяженiя массъ и во всякомъ случаѣ, достовѣрно никогда не наблюдались у другихъ звѣздъ; поэтому представляется очень страннымъ, что эти движенiя встрѣчаются такъ часто именно у Novae и родственныхъ имъ звѣздъ. Поэтому Вильзингъ (Wilsing) пробовалъ объяснить своеобразное распредѣленiе линiй, какъ результатъ соотношенiй давленiя. Онъ пропускалъ искры между двумя электродами подъ водою. При этомъ получаются очень сильныя кратковременныя давленiя (сотни атмосферъ). Электроды состояли изъ металловъ, какъ-то желѣза, никеля, платины, мѣди, серебра, цинка, олова, кадмiя и свинца. Спектръ желѣза далъ свѣтлыя линiи, которыя (въ сравненiи съ положенiемъ линiй желѣза въ воздухѣ) были

смѣщены въ сторону краснаго цвѣта и ограничены со стороны фіолетоваго конца темными линіями; такимъ образомъ, онъ представлялъ замѣчательное сходство со спектромъ Nova Aurigae. Въ спектрахъ другихъ металловъ обнаруживались расширенія, смѣщенія и раздваиванія линій. Серебро дало сплошной спектръ. По изслѣдованіямъ Гёмфрейса оказалось, что для олова и цинка этотъ эффектъ гораздо замѣтнѣе, чѣмъ для желѣза и платины.

Въ силу этого Вильзингъ считаетъ вѣроятнымъ, что особенности линій обусловлены высокимъ давленіемъ газовъ, которое, какъ было извѣстно раньше, господствуетъ въ атмосферѣ такихъ звѣздъ, какъ β Lyrae.

Появленіе Novae въ звѣздныхъ скопленіяхъ или туманностяхъ дѣлаетъ вѣроятнымъ предположеніе, что онѣ происходятъ отъ столкновенія одной звѣзды съ другою въ звѣздномъ скопленіи, или съ туманностью (Зеелигеръ, Seeliger). Такъ какъ туманность имѣетъ въ различныхъ мѣстахъ разную плотность, то легко объяснить и такія колебанія яркости, какъ у Nova Aurigae. Какъ звѣзда, такъ и туманность раскаляются вслѣдствіе столкновенія. Въ зависимости отъ природы звѣзды и туманности можетъ преобладать спектръ той или другой, или оба могутъ быть видимы одновременно. Затѣмъ наступаетъ быстрое охлажденіе, послѣ чего преобладаетъ спектръ туманности, указывающій на состояніе охлажденія. Конечно, при столкновеніяхъ въ звѣздныхъ скопленіяхъ спектра туманности можетъ вовсе не быть.

Замѣчательно, что большинство новыхъ звѣздъ было найдено въ Млечномъ Пути или вблизи него. Собственно, одна только новая звѣзда (Coronae) лежала очень далеко отъ плоскости Млечнаго Пути (46.8°). Новыя звѣзды въ созвѣздіяхъ Андромеды и Центавра не имѣли, въ противоположность другимъ Novae, никакихъ свѣтлыхъ линій въ спектрѣ. Если выключить обѣ послѣднія и Nova Coronae, то среднее разстояніе 12 остальныхъ новыхъ звѣздъ (до 1895) отъ центральной линіи Млечнаго Пути равно 3.8°. Едва ли это распредѣленіе можетъ быть приписано случайности, хотя и вообще звѣзды къ Млечному Пути лежатъ тѣснѣе.

Во всякомъ случаѣ, возгораніе новой звѣзды проще всего разсматривать, какъ послѣдствіе столкновенія. Благодаря подобному столкновенію, очевидно, старая міровая система можетъ снова пробудиться къ молодости, т. е. получить повышенную температуру и блескъ.

Довольно значительное число Novae въ новѣйшее время, около одного случая въ годъ, показываетъ, что подобное оживленіе звѣздъ нельзя считать чѣмъ-нибудь необыкновеннымъ. Сравнительно частое появленіе Novae, несмотря на то, что тѣла звѣздъ занимаютъ крайне незначительную часть міроваго пространства, объясняется иногда огромными и всегда большими, относительными скоростями звѣздъ (см. ниже главу „Космогонія").

Nova Persei. Во время печатанія настоящей книги на небѣ появилась новая звѣзда,—самая замѣчательная со времени Тихо Браге. Въ ночь 21—22 февраля 1901 года въ созвѣздіи Персея была замѣчена новая звѣзда 2.7 величины. Ея яркость вначалѣ быстро возростала, такъ что 23 февраля она была ярче близкой къ ней Капеллы и почти равнялась Сиріусу. Затѣмъ яркость стала нѣсколько медленнѣе убывать, такъ что звѣзда была ярче 1 величины еще 25 февраля, ярче 2 величины до 1 марта, ярче 3 до 6 и ярче 4 до 24 марта.

Дальше ея яркость постепенно падала (въ февралѣ 1902 г. величина была 7.8, 15 іюля 1902 года—9.0), но не все время, а съ періодическими колебаніями и блеска и окраски. Сначала минимумы были коротки, какъ у звѣздъ типа Альголя, при періодѣ около трехъ дней, а позднѣе этотъ періодъ увеличился приблизительно до пяти дней. Теперь минимумы стали продолжительнѣе, максимумы же короткими. Подъ конецъ разгораніе продолжалось всего нѣсколько часовъ.

Спектръ этого поразительнаго небеснаго объекта обнаружилъ огромное сходство со спектромъ новой звѣзды въ Возничемъ (рис. 7). Темныя линіи водорода и линіи *H* и *K* были сильно смѣщены къ фіолетовому концу, чего не было замѣтно вовсе, или въ меньшей мѣрѣ, въ другихъ темныхъ линіяхъ. Отсюда скорость поглощающей водородной массы была опредѣлена въ 700 км. въ секунду. Вещество новой звѣзды, произведшее взрывъ, состояло, повидимому, главнымъ образомъ изъ соединеній водорода (вѣроятно, съ углеродомъ). Водородъ, который играетъ важнѣйшую роль въ солнечныхъ изверженіяхъ, являющихся въ видѣ протуберанецъ, былъ и при взрывѣ на новой звѣздѣ важнѣйшимъ взрывчатымъ веществомъ. Такъ какъ производить поглощеніе свѣта могли только тѣ массы водорода, которыя находились между наблюдателемъ и загорѣвшейся звѣздой, то онѣ должны были обнаружить движеніе большой скорости къ наблюдателю и, слѣдовательно, произвести смѣщеніе линій къ фіолетовому концу спектра. Свѣтлыя водородныя линіи, происходившія отъ неохла-

жденныхъ еще массъ газа вблизи самой звѣзды, могли быть видимы и тогда, когда эти массы уходили отъ наблюдателя; онѣ были поэтому расширены въ сторону краснаго конца спектра.

Позднѣе спектръ сталъ все больше обнаруживать въ звѣздѣ особенности туманности (съ апрѣля 1901). Эта туманность вполнѣ аналогична туманностямъ другихъ новыхъ звѣздъ (ср. стр 62).

Но въ окрестностяхъ Nova Persei оказались еще другія туманности, которыя возбудили чрезвычайное вниманіе. Въ августѣ 1901 г. М. Вольфъ сообщилъ о своемъ открытіи нѣсколькихъ слабыхъ туманныхъ полосъ вблизи Nova. Очень точныя наблюденія этихъ туманныхъ образованій произвелъ затѣмъ Ричей (Ritchey) съ помощью большого зеркальнаго телескопа Йерксовской обсерваторіи. На фотографическомъ снимкѣ было видно нѣсколько дугъ или завитыхъ спиралью формъ, съ Nova въ центрѣ. Эти туманности удалялись отъ центра съ громадной скоростью. Изслѣдованіе Перриномъ (Perrine) снимковъ, полученныхъ на Ликской обсерваторіи, установило слѣдующіе факты:

Въ январѣ 1902 года Nova окружали два кольца,—внутреннее, болѣе яркое, съ поперечникомъ въ 15″, и внѣшнее, болѣе слабое, приблизительно въ 30″. Оба эти кольца расширялись,—со скоростями 1.4″ и 2.8″ въ день (съ 29 марта 1901 г. до января 1902). Считая это движеніе равномѣрнымъ, можно разсчитать, что внутреннее кольцо вышло изъ Nova 8 февраля, внѣшнее 16 февраля 1901. Эти моменты можно считать, въ предѣлахъ ошибокъ наблюденій, совпадающими другъ съ другомъ и съ моментомъ возгоранія Nova (максимумъ 23 февраля).

Эти кольца имѣютъ ясно выраженную структуру съ замѣтными центрами конденсаціи или узлами. Движенія этихъ узловъ въ большей части не радіальныя, но имѣютъ большую слагающую по касательной, иногда направленную въ одну, иногда въ другую сторону. Часто туманности не обнаруживаютъ замѣтной поляризаціи, какъ слѣдовало бы ожидать (какъ напр. въ солнечной коронѣ или зодіакальномъ свѣтѣ) при отраженномъ свѣтѣ. Внутреннее кольцо ослабѣваетъ, внѣшнее, напротивъ того, становится ярче. Нѣкоторыя части туманности обнаруживаютъ небольшое смѣщеніе или даже вовсе не обнаруживаютъ его.

Для объясненія этихъ особенностей Каптейнъ и Вольфъ предложили гипотезу, что свѣтъ, высланный Nova во время наибольшаго ея блеска, постепенно распространяется и дѣлаетъ видимыми намъ все новыя, раньше по слабости свѣта невидимыя, области туманности. Но такъ какъ свѣтъ прошелъ уже землю,

то, конечно, освѣщенныя туманности должны были бы быть распредѣлены по всему небу. Наблюдаемая скорость, значитъ, необходимо меньше скорости свѣта. Кромѣ того, въ этой гипотезѣ остается непонятнымъ существованіе двухъ различныхъ скоростей, а отраженіе свѣта газами туманности физически невозможно. Затѣмъ, и свѣтъ ея не поляризованъ, а, значитъ, и не отраженъ.

Вильзингъ (Wilsing) предполагалъ поэтому, что здѣсь имѣетъ мѣсто нѣчто аналогичное тому, что производитъ кометные хвосты, а Вери (Very) указалъ, что, можетъ быть, съ этимъ движеніемъ связано давленіе, производимое излученіемъ.

И въ самомъ дѣлѣ, этимъ путемъ устраняются самыя значительныя затрудненія. Излученіе Nova должно было при максимумѣ ея блеска быть весьма значительно, такъ что отталкиваемыя маленькія частички могли имѣть всевозможныя скорости ниже скорости свѣта. Какъ у кометъ о двухъ хвостахъ различной кривизны, и здѣсь могли преобладать главнымъ образомъ (но не исключительно) двѣ скорости; чему и отвѣчали бы два кольца, въ которыхъ становятся видимыми все новыя части. Неподвижныя части представляли бы собою въ такомъ случаѣ стоящія на мѣстѣ туманности, къ которымъ приходятъ однѣ за другими частички различныхъ скоростей. Излучаемый свѣтъ, по этой гипотезѣ, долженъ быть вызванъ, какъ и въ другихъ туманностяхъ, электрическими разрядами, а значитъ, и не поляризованъ. Можетъ быть, и части упомянутыхъ туманностей были нѣсколько сдвинуты ударами частичекъ. Увеличеніе яркости внѣшняго кольца, повидимому, указывало бы, что распредѣленное въ небесномъ пространствѣ въ разрѣженномъ состояніи вещество туманностей, такъ сказать, сгущается ударами маленькихъ частичекъ, такъ что плотность гонимой ими внѣшней туманности постоянно увеличивается. Убываніе яркости внутренняго кольца можно разсматривать, конечно, просто, какъ слѣдствіе увеличенія объема.

II. Солнечная система.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ раньше небесныхъ тѣлъ, которыя считались въ древности неподвижными по отношенію другъ къ другу и потому получили названіе неподвижныхъ звѣздъ, было найдено нѣсколько другихъ небесныхъ тѣлъ; эти послѣднія, въ противоположность неподвижнымъ звѣздамъ, быстро мѣняютъ свое положеніе относительно нихъ и поэтому были названы блуждающими звѣздами. Эти блуждающія звѣзды суть, кромѣ солнца и луны, планеты и ихъ спутники, называемые лунами или сателлитами, а также и кометы.

Видимое движеніе солнца. Главная задача, которую ставили себѣ древніе астрономы, заключалась въ томъ, чтобы опредѣлить положеніе блуждающихъ звѣздъ для всякаго желаемаго времени относительно „неподвижныхъ" на небесномъ сводѣ звѣздъ. Проще всего удается это для солнца.

Непосредственно изъ наблюденія высоты солнца въ моментъ его прохожденія черезъ меридіанъ можно получить его склоненіе. Для того, чтобы опредѣлить его прямое восхожденіе, невозможно пользоваться полуденнымъ временемъ, такъ какъ тогда невидимы неподвижныя звѣзды. Поэтому наблюдаютъ чрезъ нѣкоторое число (a) звѣздныхъ часовъ кульминацію какой-нибудь звѣзды съ извѣстнымъ прямымъ восхожденіемъ (b). Разсчитывая затѣмъ назадъ, получаютъ прямое восхожденіе солнца, вычитая это число (a) изъ прямого восхожденія (b) данной звѣзды (выраженнаго въ звѣздныхъ часахъ). Напримѣръ, если было сдѣлано наблюденіе, что 9 января въ полночь (12 звѣздныхъ часовъ послѣ полудня) нѣкоторая звѣзда кульминировала въ созвѣздіи Близнецовъ или въ Маломъ Псѣ съ прямымъ восхожденіемъ $7^ч\ 23.2^м$ ($=31^ч\ 23.2^м$), то прямое восхожденіе солнца получимъ, если отнимемъ отсюда $12^ч$; слѣдовательно, оно будетъ $19^ч\ 23.2^м$. Склоненіе его для того же

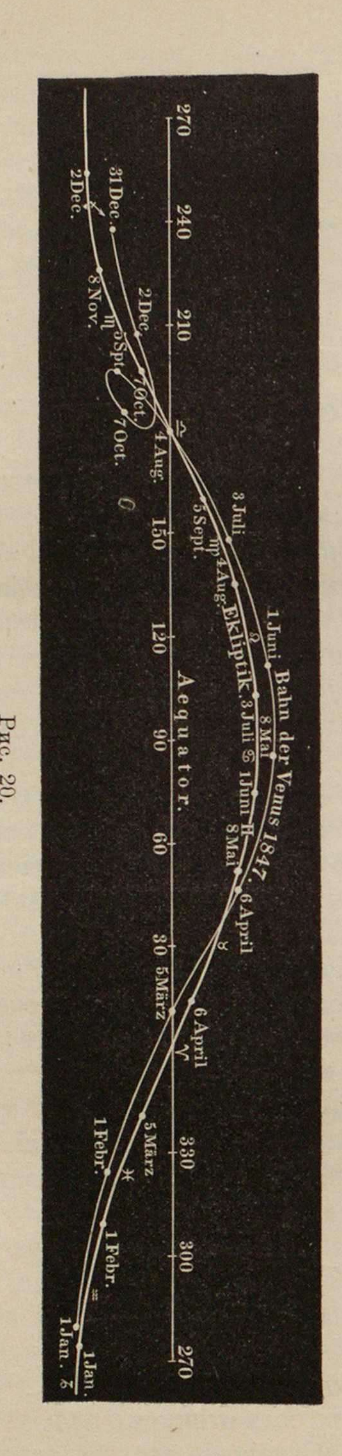


Рис. 20.

времени есть — 22^{0} 4.6′. Изъ этихъ данныхъ видно, что солнце въ этотъ моментъ, въ полдень (Берлинскаго времени) 9 января, имѣя приведенныя выше координаты, стоитъ въ созвѣздіи Стрѣльца.

Въ теченіе года солнце проходитъ (видимо) на небесномъ сводѣ большой кругъ и притомъ съ почти постоянною скоростью. (Отступленія отъ послѣдняго легко вывести при помощи второго закона Кеплера изъ извѣстнаго эксцентриситета земной орбиты). Солнце проходитъ при этомъ весь зодіакъ и остается около мѣсяца въ каждомъ знакѣ этого круга.

Вслѣдствіе измѣненій съ временами года положенія солнца на небѣ, ночное небо въ различныя времена года представляетъ различный видъ. Для того, чтобы узнать, какія звѣзды кульминируютъ въ опредѣленное время, напримѣръ въ 11 час. пополудни, слѣдуетъ добавить къ прямому восхожденію AR солнца въ полдень даннаго дня еще $11^{ч}$ средняго солнечнаго времени $= 11^{ч}\ 1^{м}\ 48^{с}$ звѣзднаго времени. Звѣзды съ прямымъ восхожденіемъ $AR + 11^{ч}\ 1^{м}\ 48^{с}$ находятся, слѣдовательно, въ данный моментъ какъ разъ въ плоскости меридіана, на основаніи чего легко опредѣлить видимую часть небеснаго свода. Зимою (15 января) кульминируютъ въ полночь Близнецы, Рысь; весною (15 апрѣля) Волопасъ, Борзыя Собаки; лѣтомъ (15 іюля) Орелъ, Лебедь и осенью (15 октября) Андромеда и Кассіопея.

Движенія планетъ. Подобнымъ же образомъ, какъ положеніе солнца, древніе астрономы опредѣляли и положеніе планетъ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Описать ихъ движеніе далеко не такъ просто, какъ бы солнца. Напримѣръ, рис. 20 даетъ путь Венеры въ 1847 г., при чемъ для лучшаго уясненія ея движенія на немъ изображена и эклиптика, т. е. видимый путь солнца. Какъ видно, путь Венеры этой осенью представлялъ замкнутую петлю.

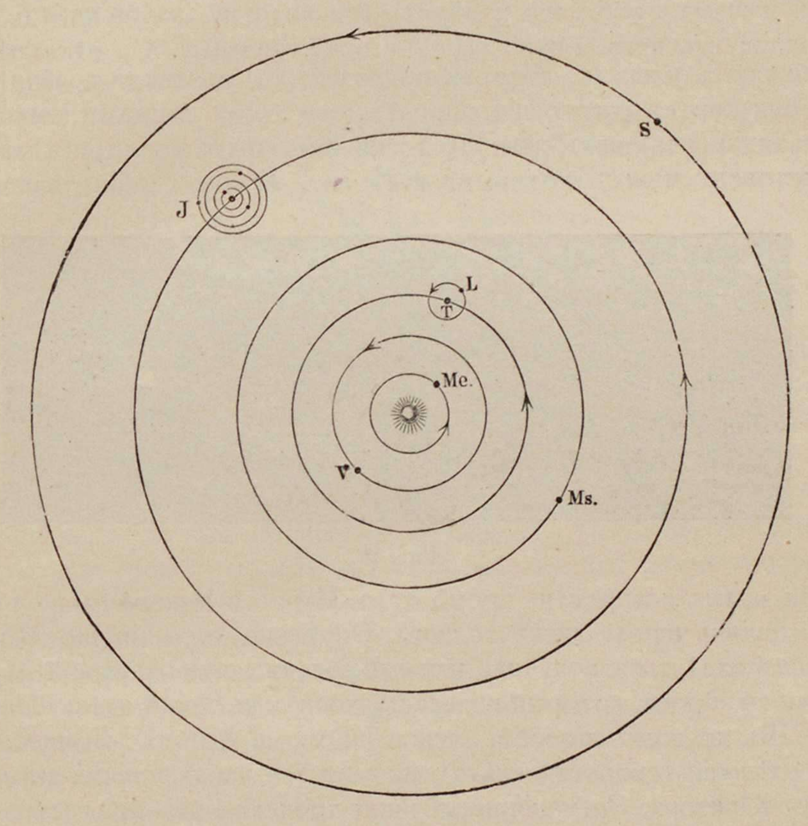


Рис. 21.

Конечно, подобный путь не можетъ быть даже приблизительно представленъ при помощи круговъ.

Древніе нашли, что эти пути могутъ быть представлены посредствомъ т. н. эпициклическихъ линій (система Птолемея). Но уже Гиппархъ (ср. ниже) понялъ, что орбиты планетъ отнесенныя къ солнцу, приблизительно представляютъ собою круги около солнца. Эта истина, затерявшаяся въ средніе вѣка, была открыта вновь Коперникомъ; этимъ была отмѣчена новая эра въ астро-

номіи. Рис. 21 изображаетъ орбиты планетъ въ системѣ Коперника.

Абсолютныя разстоянія въ солнечной системѣ. Астрономическія измѣренія состоятъ въ опредѣленіи положеній небесныхъ тѣлъ, которыя опредѣляются величинами нѣкоторыхъ угловъ. На основаніи этихъ измѣреній можно построить модель, которая передастъ съ очень большою точностью относительныя положенія планетъ и солнца. Поэтому, чтобы узнать абсолютныя разстоянія планетъ требуется измѣрить только одно какое-нибудь разстояніе; изъ него можно вывести всѣ остальныя. Съ этою цѣлью выбираютъ планету, которая подходила бы къ землѣ сравнительно близко; ея разстояніе опредѣляютъ тогда посредствомъ тріангуляціи изъ двухъ далеко отстоящихъ другъ отъ друга мѣстъ, разстояніе между которыми извѣстно. Очень удобны для этой

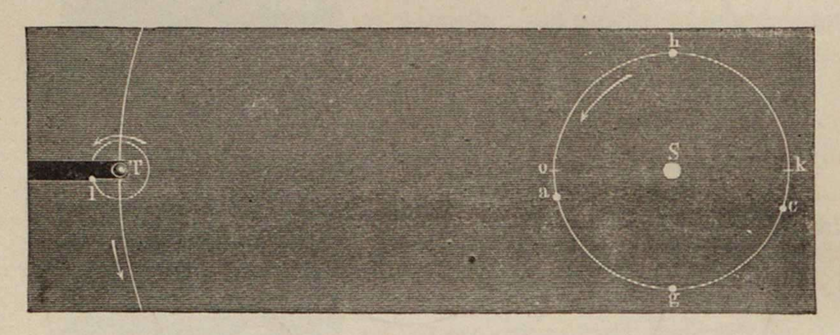


Рис. 22.

цѣли малыя планеты и, кромѣ того, Марсъ и Венера (при ея прохожденіяхъ черезъ дискъ солнца). Особенно хорошія опредѣленія можно надѣяться получить изъ наблюденій новооткрытой малой планеты Эроса, который иногда подходитъ къ землѣ очень близко.

Въ другомъ способѣ, основанномъ на одномъ физическомъ опредѣленіи (скорости свѣта), пользуются наблюденіями затменій лунъ Юпитера. Затменія послѣднихъ происходятъ—при вступленіи ихъ въ тѣнь отъ Юпитера—черезъ одинаковые промежутки времени, напримѣръ для перваго спутника черезъ каждые $42^ч\ 28^м\ 35^с$.

Но если наблюдать затменія, когда земля находится въ *h* (рис. 22, *S* означаетъ солнце, *h o g k h*—орбиту земли, *T*—Юпитеръ и *I*—его первый спутникъ), т. е. когда земля приближается къ Юпитеру, то окажется, что названный періодъ меньше указаннаго почти на 6 секундъ. Онъ оказывается настолько же длиннѣе, когда земля находится въ *g* и удаляется отъ Юпитера. Это происходитъ вслѣдствіе того, что въ первомъ случаѣ свѣтъ при

второмъ затменіи употребляетъ меньше времени, чтобы пройти отъ *I* до земли, чѣмъ при первомъ, такъ какъ за это время земля приблизилась къ спутнику *I*. Изъ измѣненія періода затменій можно опредѣлить тѣмъ же путемъ, какъ и изъ измѣненій періода колебаній свѣтовой волны по принципу Допплера, отношеніе скорости свѣта къ скорости земли въ ея орбитѣ.

Станемъ теперь наблюдать начало затменія во-первыхъ, когда Юпитеръ находится приблизительно въ противостояніи для земли въ точкѣ *a*, и во вторыхъ, когда онъ находится приблизительно въ соединеніи въ точкѣ *c*, и опредѣлимъ запаздываніе въ послѣднемъ случаѣ противъ перваго. Это опозданіе, найденное равнымъ $16^м\ 26^с = 986^с$, соотвѣтствуетъ точно тому времени, какое употребляетъ свѣтъ для прохожденія пути *ac*, т. е. двойного разстоянія солнца. А такъ какъ, по измѣреніямъ физиковъ, скорость свѣта составляетъ 300 000 км. въ сек., то діаметръ земной орбиты равняется $986 \times 3 \times 10^5$ км. = 296 милліонамъ км., а солнечное разстояніе—148 милліонамъ вмѣсто 149.5, полученнаго изъ астрономическихъ измѣреній.

Опредѣленіе разстояній планетъ посредствомъ измѣреній параллаксовъ. Уже въ древности производились измѣренія для опредѣленія разстояній луны и солнца отъ земли. Исходной точкой былъ при этомъ извѣстный методъ тріангуляціи: съ двухъ концовъ базиса, извѣстной длины, измѣрялись два угла, образованные лучами зрѣнія къ небесному тѣлу съ базисомъ. Вмѣсто нихъ можно мѣрять два угла, образуемые этими линіями зрѣнія съ линіей зрѣнія на неподвижную звѣзду, и отсюда уже вывести величины указанныхъ угловъ.

При помощи этихъ угловъ можно вычислить т. наз. параллаксъ небеснаго тѣла. Подъ параллаксомъ небеснаго тѣла, принадлежащаго къ солнечной системѣ, разумѣютъ уголъ, подъ которымъ виденъ съ какой-нибудь точки даннаго небеснаго тѣла экваторіальный радіусъ земли, когда лучъ зрѣнія перпендикуляренъ къ этому радіусу.

Этимъ способомъ уже Гиппархъ опредѣлилъ параллаксъ луны въ 47.5—55.5 минутъ дуги, а параллаксъ солнца въ 3 минуты дуги. Изъ позднѣйшихъ способовъ опредѣленія параллакса луны проще всего слѣдующій: на двухъ, расположенныхъ приблизительно на одномъ и томъ же меридіанѣ, обсерваторіяхъ опредѣляютъ зенитное разстояніе сѣвернаго или южнаго края луны при ея прохожденіи черезъ меридіанъ. Истинный параллаксъ луны нѣсколько измѣняется со временемъ, такъ какъ луна не всегда находится отъ насъ на одинаковомъ разстояніи; въ среднемъ

онъ составляетъ 57′ 2.3″. Это соотвѣтствуетъ разстоянію центра луны отъ центра земли въ 60.27 экваторіальныхъ радіусовъ земли, или 384000 км.

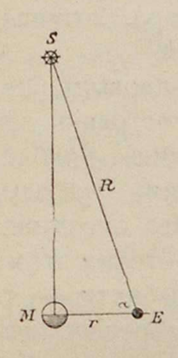


Рис. 23

Такимъ образомъ Гиппархово опредѣленіе разстоянія луны было приблизительно вѣрно. Напротивъ, солнечный параллаксъ онъ оцѣнилъ слишкомъ высоко. Разстояніе солнца слишкомъ велико для того, чтобы Гиппархъ могъ точно опредѣлить его этимъ путемъ. Аристархъ примѣнилъ для этой же цѣли непрямой способъ. Онъ измѣрялъ уголъ (α) между линіями зрѣнія къ солнцу и лунѣ (рис. 23) въ тотъ моментъ, когда была видна ровно половина ея и когда, слѣдовательно, уголъ между линіями отъ луны къ солнцу и отъ луны къ землѣ составлялъ 90°. Въ такомъ случаѣ, очевидно, если R означаетъ разстояніе между солнцемъ и землею, r разстояніе между землею и луною, то

$$r = R \cos \alpha.$$

Такъ какъ r и α извѣстны, то можно вычислить и R. Этотъ методъ имѣетъ только историческій интересъ. Его слабая сторона заключается въ невозможности точно опредѣлить моментъ, въ который освѣщена ровно половина луны.

Другіе непрямые методы основываются на опредѣленіи разстоянія какой-нибудь близко подходящей къ намъ планеты, какъ Венера, Марсъ или одна изъ малыхъ планетъ. Напримѣръ, если извѣстно разстояніе Венеры, то разстояніе солнца отъ земли можно получить изъ наблюденій прохожденія этой планеты черезъ дискъ солнца съ двухъ, далеко отстоящихъ другъ отъ друга, мѣстъ. Въ основѣ лежитъ слѣдующій принципъ: пусть a и b (рис. 24) будутъ два мѣста наблюденія на землѣ (E). Центръ планеты Венеры (V), если смотрѣть на него съ a, пройдетъ по солнечному диску путь $d'd''$. Точно такъ же центръ Венеры для наблюдателя, помѣщеннаго въ b, опишетъ во время своего прохожденія черезъ солнечный дискъ хорду $c'c''$. Такимъ образомъ можно опредѣлить уголъ α, подъ которымъ съ Венеры видно разстояніе ab. Съ другой стороны, по видимому діаметру солнца можно очень точно опредѣлить уголъ (β), подъ которымъ видно съ земли cd. Если обозначить разстоянія Венеры отъ земли и

отъ солнца буквами e и D, то очевидно [1])

$$\frac{\alpha}{\beta}=\frac{D+e}{D}.$$

При помощи разстоянія ab и угла α можно опредѣлить e, откуда затѣмъ вычислится и D.

Вслѣдствіе большой плотности атмосферы Венеры этотъ методъ не даетъ теоретически ожидаемой точности. При этихъ опредѣленіяхъ солнечнаго разстоянія, какъ и при опредѣленіяхъ его изъ наблюденій Марса и малыхъ планетъ, приходится пользоваться упоминаемыми ниже законами Кеплера (съ поправками за возмущенія). Самые точные результаты дали пока опредѣленія при помощи малыхъ планетъ,—по незначительности ихъ дисковъ угловыя измѣренія производятся здѣсь чрезвычайно точно.

Какъ окончательный результатъ всѣхъ этихъ астрономическихъ измѣреній солнечный параллаксъ можно принять въ 8.80″, откуда разстояніе солнца отъ земли опредѣлится въ 149.5 милліоновъ км.

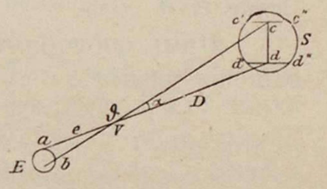


Рис. 24.

Когда Кеплеръ устанавливалъ названные его именемъ законы, онъ не зналъ абсолютныхъ разстояній планетъ; онъ зналъ только относительныя величины ихъ орбитъ, которыя получилъ изъ наблюденій Тихо Браге надъ положеніями планетъ на небѣ.

Времена обращенія планетъ. Уже въ древности догадывались, что проще допустить обращеніе планетъ, а съ ними и земли, вокругъ солнца, чѣмъ предположить, что земля неподвижна, а всѣ небесныя тѣла обращаются вокругъ нея, какъ это думали раньше. Въ средніе вѣка это мнѣніе было, однако, забыто и было воскрешено лишь Коперникомъ. Онъ думалъ, что планеты и земля движутся около солнца по кругамъ. Планеты имѣютъ постоянныя времена обращенія, т. е. между двумя послѣдовательными соединеніями солнца и планеты, когда ихъ прямыя восхожденія равны, проходитъ опредѣленное и во всѣхъ случаяхъ почти одинаковое время. Этотъ промежутокъ времени называется синодическимъ оборотомъ. Чтобы далеко не ходить за

---

[1]) Точнѣе, $(D+e):D=\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}:\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$; но въ виду незначительности угловъ α, β, вмѣсто отношенія tg ихъ половинъ можно взять отношеніе ихъ самихъ.

сравненіемъ, представимъ себѣ движеніе концовъ стрѣлокъ часовъ, въ которыхъ минутная стрѣлка короче. Если остріе минутной стрѣлки будетъ соотвѣтствовать Венерѣ, остріе часовой стрѣлки—землѣ, то ось, вокругъ которой вращаются стрѣлки, будетъ отвѣчать солнцу. Синодическій оборотъ минутной стрѣлки есть время, протекающее между двумя моментами, въ которые обѣ стрѣлки стоятъ одна надъ другой; оно составляетъ $1^1/_{11}$ часа. Изъ этого и извѣстнаго времени оборота часовой стрѣлки (12 часовъ) можно легко опредѣлить время оборота минутной стрѣлки—1 часъ. Такъ какъ обѣ стрѣлки движутся вокругъ центра въ одномъ и томъ же направленіи, то видимый (синодическій) оборотъ минутной стрѣлки длиннѣе дѣйствительнаго. Точно также и синодическій оборотъ Венеры (1.60 года) длиннѣе истиннаго (звѣзднаго), потому что земля описываетъ въ теченіе года кругъ около солнца въ томъ же направленіи. По этимъ двумъ даннымъ легко опредѣлить, что звѣздный оборотъ Венеры, т. е. время, въ теченіе котораго она пройдетъ 360 градусовъ вокругъ солнца, равно 0.61 года.

Этимъ способомъ были опредѣлены слѣдующія времена обращенія планетъ:

	Время обращенія	
	синодическое	звѣздное
Меркурій	0.31 года	0.24 года
Венера	1.60 „	0.61 „
Марсъ	2.13 „	1.88 „
Юпитеръ	1.09 „	11.87 „
Сатурнъ	1.03 „	29.47 „
Уранъ	— „	84.02 „
Нептунъ	— „	164.8 „ .

Точнѣе говоря, только времена звѣзднаго обращенія планетъ строго постоянны; синодическое же можетъ немного колебаться вслѣдствіе неравномѣрной скорости планеты.

Для того, чтобы представить возможно точнѣе движенія планетъ, Коперникъ, какъ и раньше него уже Гиппархъ, предположилъ, что солнце находится не совсѣмъ въ серединѣ круга, по которому, какъ предполагается, данная планета движется съ равномѣрною скоростью.

Однако, это предположеніе не соотвѣтствовало очень точнымъ наблюденіямъ Тихо Браге, особенно для движенія Марса, и это обстоятельство побудило Кеплера искать схему движенія планетъ, болѣе близкую къ дѣйствительности. Онъ фор-

мулировалъ ее въ трехъ предложеніяхъ, которыя и получили названіе законовъ Кеплера. Они гласятъ:

Планеты движутся около солнца по эллипсамъ, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце.

Радіусъ-векторъ, проведенный отъ солнца къ планетѣ, описываетъ въ равные промежутки времени равныя площади.

Квадраты временъ обращеній различныхъ планетъ относятся между собою, какъ кубы ихъ среднихъ разстояній отъ солнца.

Законъ тяготѣнія. Генію Ньютона удалось соединить въ одно три закона Кеплера. Всѣ движенія небесныхъ тѣлъ объясняются при этомъ изъ допущенія, что, во-первыхъ, они притягиваются другъ къ другу съ силою прямо пропорціональною ихъ массамъ и обратно пропорціональною квадрату ихъ разстоянія и что, во-вторыхъ, небесныя тѣла, движущіяся въ пространствѣ, сохраняютъ вслѣдствіе инерціи свою скорость неизмѣнною, если на нихъ не дѣйствуетъ никакая сила, исходящая отъ постороннихъ тѣлъ. Въ системѣ взаимно притягивающихся тѣлъ каждой силѣ соотвѣтствуетъ другая, равная ей по величинѣ, но направленная прямо въ противоположную сторону.

Для того, чтобы доказать это, Ньютонъ изслѣдовалъ сначала движеніе луны. Послѣдняя движется вокругъ земли почти въ круговой орбитѣ съ діаметромъ, равнымъ 60.27 земнымъ діаметрамъ, въ теченіе $27^д\ 7^ч\ 43^м\ 11.5^с$ (время сидерическаго оборота). Но такъ какъ луна притягивается землею, то она повинуется тому же закону, что и падающее тѣло, т. е. ускореніе луны къ землѣ должно равняться ускоренію падающаго тѣла ($981 \frac{см}{сек^2}$), раздѣленному на $(60.27)^2$, или $0.270 \frac{см}{сек^2}$. Изъ ученія о силѣ, необходимой для того, чтобы двигать тѣло вокругъ одной точки по кругу, извѣстно, что ускореніе равняется въ этомъ случаѣ квадрату скорости, раздѣленному на радіусъ круга. Но мы знаемъ скорость луны въ ея орбитѣ: она равна длинѣ орбитѣ ($2\pi \times 60.27$ земныхъ радіусовъ), раздѣленной на время оборота (2 360 591.5 сек.). Слѣдовательно, (если R означаетъ земной радіусъ $= 6\,378\,249$ м.), ускореніе будетъ

$$\frac{(2\pi\, 60.27\, R)^2}{(2\,360\,591.5)^2} \times \frac{1}{60.27\, R} = 0.272 \frac{см}{сек^2}.$$

Какъ мы видимъ, эта величина очень близко сходится съ тою, которая была вычислена выше, въ предположеніи, что сила

тяготѣнія обратно пропорціональна квадрату разстоянія. Согласіе будетъ еще больше, если въ послѣдней формулѣ уменьшить радіусъ лунной орбиты на $^1/_{83}$. Именно, луна, какъ будетъ указано ниже (стр. 81), обращается не вокругъ центра земли, а вокругъ общаго центра тяжести луны и земли, который лежитъ къ лунѣ на $^1/_{83}$ ближе, чѣмъ центръ земли. Въ послѣднемъ случаѣ получится ускореніе 0.269. Ньютонъ получилъ не столь хорошее согласіе, такъ какъ онъ располагалъ неточными данными. Впослѣдствіи, на основаніи французскаго градуснаго измѣренія, онъ получилъ лучшій результатъ.

Рис. 25.

Теперь мы можемъ идти дальше. Предположимъ, что въ A (рис. 25) находится планета, въ S солнце. Положимъ, что за одну секунду планета проходитъ разстояніе AB; эту часть пути можно вслѣдствіе краткости взятаго промежутка разсматривать, какъ прямую линію. Еслибы на планету не дѣйствовала никакая сила, то она продолжала бы свой путь съ постоянною скоростью по прямой линіи и прошла бы во вторую секунду путь BC, причемъ $BC = AB$. Но вслѣдствіе дѣйствія солнца, во вторую секунду планета должна упасть на величину BE по направленію къ солнцу, если до начала этого промежутка времени она не подвергалась его дѣйствію. Дѣйствительный путь планеты сложится по закону параллелограмма изъ обѣихъ слагающихъ BC и BE въ результирующую BD. Но такъ какъ по закону параллелограмма CD и BE параллельны другъ другу, то треугольникъ BDS имѣетъ такую же площадь, что и треугольникъ BCS. Послѣдній же, въ свою очередь, равновеликъ треугольнику ABS. Слѣдовательно, радіусъ-векторъ изъ S къ планетѣ описываетъ во вторую секунду площадь SBD, равновеликую площади SAB, описанной въ первую секунду, и значитъ, и во всѣ послѣдующіе одинаковые промежутки времени (секунды).

Какъ видно, второй законъ Кеплера вытекаетъ изъ предположенія, что притяженіе планетъ направлено къ солнцу, какую бы величину ни имѣло это притяженіе.

Такъ же легко выводится третій законъ Кеплера. Пусть двѣ планеты, съ радіусами орбитъ R и R_1 и временами оборота T и T_1, притягиваются солнцемъ. Тогда ускореніе (A) силы притяженія для первой планеты будетъ равно, если v означаетъ скорость ея въ орбитѣ,

$$A = \frac{v^2}{R} = \frac{(2\pi R)^2}{T^2\, R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}.$$

Для другой планеты точно такъ же:

$$A_1 = \frac{4\pi^2 R_1}{T_1^2}.$$

Но согласно Ньютону, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ притяженіе происходитъ вслѣдствіе тяготѣнія къ одному и тому же тѣлу,

$$\frac{A}{A_1} = \frac{R_1^2}{R^2}$$

или:

$$\frac{4\pi^2 R}{T^2} : \frac{4\pi^2 R_1}{T_1^2} = \frac{R_1^2}{R^2},$$

откуда слѣдуетъ

$$\frac{T_1^2}{T^2} = \frac{R_1^3}{R^3},$$

—аналитическое выраженіе третьяго закона Кеплера.

Первый законъ Кеплера легко доказывается посредствомъ одного предложенія изъ Аналитической Геометріи. Это вспомогательное предложеніе гласитъ слѣдующее: Въ коническихъ сѣченіяхъ длины радіусовъ кривизны въ различныхъ мѣстахъ кривой (напр. ρ на рис. 26) обратно пропорціональны кубамъ косинусовъ угловъ (α) между соотвѣтственными радіусомъ-векторомъ r, проведеннымъ изъ фокуса F, и радіусомъ кривизны ρ. Это свойство характерно только для коническихъ сѣченій.

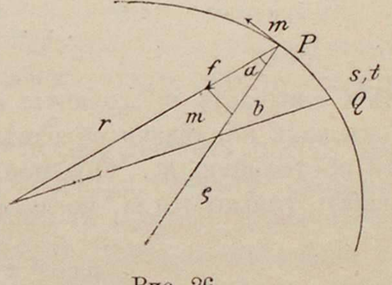


Рис. 26.

По второму закону Кеплера часть площади FPQ, описанная въ данное время t, пропорціональна этому времени. Поэтому если отрѣзокъ PQ такъ малъ, что его можно считать отрѣзкомъ прямой линіи, длины s, то по второму закону Кеплера

$$\frac{1}{2} r s \cos\alpha = ct,$$

гдѣ c означаетъ постоянную.

Сила f, которая притягиваетъ одинъ граммъ планеты въ P по направленію къ солнцу въ F, можетъ быть разложена на двѣ слагающія, одну b, направленную по радіусу кривизны ρ, и другую m, перпендикулярную къ ней и направленную по касательной въ

точкѣ P; m стремится измѣнить скорость планеты въ ея орбитѣ, b даетъ орбитѣ ея кривизну. Для силъ, подобныхъ b, имѣетъ мѣсто слѣдующее соотношенiе:

$$f \cos \alpha = b = \frac{v^2}{\rho},$$

въ которомъ v означаетъ скорость движенiя планеты въ точкѣ P.

Если ввести теперь въ послѣднее выраженiе полученную изъ предыдущаго уравненiя величину

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2c}{r \cos \alpha},$$

то получится

$$f = \frac{4c^2}{r^2 \rho \cos^3 \alpha}.$$

Законъ же Ньютона требуетъ, чтобы

$$f = \frac{kM}{r^2} = \frac{K_1}{r^2},$$

гдѣ k означаетъ постоянную притяженiя, а M солнечную массу. Такъ какъ послѣдняя не измѣняется, то вмѣсто kM можно ввести постоянную K_1. Оба послѣднiя выраженiя для f могутъ совпадать только тогда, когда для кривизны планетной орбиты:

$$\rho \cos^3 \alpha = \frac{4c^2}{K_1} = K_2,$$

т. е. $\rho \cos^3 \alpha$ должно быть постояннымъ. Этому условiю удовлетворяютъ, какъ сказано выше, только коническiя сѣченiя, къ которымъ принадлежатъ и эллипсы. Слѣдовательно, планеты должны, что и выражаетъ первый законъ Кеплера, двигаться по (замкнутымъ) коническимъ сѣченiямъ, т. е. эллипсамъ, въ фокусѣ которыхъ лежитъ солнце.

Если два небесныхъ тѣла дѣйствуютъ одно на другое, то притяженiе P одного изъ нихъ другимъ совершенно равно притяженiю второго тѣла первымъ. Ускоренiя A и A_1 обоихъ тѣлъ будутъ:

$$A = \frac{P}{M}; \; A_1 = \frac{P}{M_1};$$

откуда слѣдуетъ

$$AM = A_1 M_1.$$

Длины путей S и S_1, которые пройдутъ въ данное время эти тѣла, должны относиться между собою, какъ ускоренія; слѣдовательно,

$$SM = S_1 M_1.$$

Для центра же тяжести обоихъ тѣлъ, если его разстоянія отъ нихъ будутъ L и L_1, имѣетъ мѣсто равенство

$$LM = L_1 M_1.$$

Слѣдовательно, послѣ того, какъ сила притяженія дѣйствовала въ теченіе нѣкотораго времени,

$$(L - S)\ M = (L_1 - S_1)\ M_1,$$

т. е. иными словами, центръ тяжести системы не измѣняется отъ взаимнаго притяженія. Но силы взаимодѣйствія нѣсколькихъ тѣлъ опредѣляются (по закону параллелограмма) силами между отдѣльными тѣлами, взятыми попарно; то же самое имѣетъ мѣсто и для перемѣщеній, производимыхъ этими силами. Отсюда легко доказать, что центръ тяжести системы, между отдѣльными частями которой дѣйствуютъ силы по Ньютонову закону тяготѣнія или другія центральныя силы, дѣйствіемъ этихъ силъ не измѣняется.

Итакъ, отдѣльныя планеты въ нашей солнечной системѣ движутся не вокругъ солнца, а вокругъ центра тяжести системы, около котораго обращается и солнце. Вслѣдствіе незначительности массы прочихъ тѣлъ солнечной системы въ сравненіи съ массою солнца, этотъ общій центръ тяжести приходится въ самомъ солнцѣ.

Если мы снова обратимся къ случаю обращенія двухъ тѣлъ, какъ напримѣръ тѣлъ системы Альголя, по круговымъ орбитамъ вокругъ общаго центра тяжести, то сила притяженія этихъ двухъ тѣлъ, если k, какъ обыкновенно, означаетъ постоянную притяженія, будетъ:

$$F = k \cdot \frac{MM_1}{(L+L_1)^2} = \frac{M}{L} \frac{(2\pi L)^2}{T^2} = \frac{M_1}{L_1} \frac{(2\pi L_1)^2}{T_1^2},$$

откуда слѣдуетъ

$$k = \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{L(L+L_1)^2}{M_1}.$$

Далѣе $T = T_1$, такъ какъ оба тѣла лежатъ всегда на противоположныхъ сторонахъ относительно центра тяжести; и затѣмъ

$$\frac{M_1}{M} = \frac{L}{L_1},$$

откуда слѣдуетъ

$$\frac{M_1}{M+M_1}=\frac{L}{L+L_1}$$

или

$$\frac{L}{M_1}=\frac{L+L_1}{M+M_1}.$$

Вносся эту величину въ выраженіе k, мы получимъ

$$k=4\pi^2\frac{(L+L_1)^3}{T^2}\cdot\frac{1}{M+M_1}.$$

Но, согласно закону Ньютона, постоянная притяженія должна оставаться всегда одной и той же; поэтому если положить $L+L_1=D$ и разсматривать двѣ системы о двухъ тѣлахъ—первую съ разстояніемъ D, временемъ оборота T и массами M и M_1 и вторую съ разстояніемъ d, временемъ оборота t и массами m и m_1, то для нихъ будетъ имѣть мѣсто соотношеніе:

$$k=4\pi^2\frac{D^3}{T^2}\frac{1}{M+M_1}=4\pi^2\frac{d^3}{t^2}\frac{1}{m+m_1}$$

или

$$\frac{M+M_1}{m+m_1}=\frac{D^3}{T^2}:\frac{d^3}{t^2}.$$

Этимъ именно уравненіемъ и пользовались мы выше при вычисленіи массъ системы Альголя.

Массы планетъ. При помощи послѣдняго уравненія можно вычислить разстоянія планетъ на основаніи временъ ихъ оборотовъ, если за M и M_1 принять массы земли и солнца, а за m и m_1 массы другой планеты и солнца. При этомъ, какъ было сказано выше, можно пренебрегать массами планетъ въ сравненіи съ массою солнца; тогда лѣвая часть уравненія получаетъ значеніе 1.

Точно такимъ же образомъ можно сравнить массу солнца и земли съ массою луны и земли, причемъ въ первомъ приближеніи можно пренебречь массою луны въ сравненіи съ массою земли. Затѣмъ можно сравнить массы всѣхъ планетъ, которыя имѣютъ спутниковъ, съ массою земли по времени оборота спутниковъ и разстоянію послѣднихъ отъ планетъ. Линейныя разстоянія спутниковъ отъ ихъ планетъ можно вычислить изъ ихъ угловыхъ разстояній; разстоянія планетъ отъ земли при этомъ предполагаются извѣстными.

Массы планетъ, не имѣющихъ спутниковъ, каковы Меркурій и Венера, вычисляютъ изъ возмущеній, которыя производятъ эти планеты въ движеніяхъ другихъ небесныхъ тѣлъ, напримѣръ кометъ. Точно такъ же можно получить массу и нашей луны изъ внимательнаго изслѣдованія движеній небесныхъ тѣлъ.

Когда же извѣстны разстоянія и выраженные въ угловой мѣрѣ поперечники планетъ, солнца и луны, то легко опредѣлить и дѣйствительные поперечники и объемы этихъ тѣлъ. Затѣмъ, изъ сравненія массъ съ объемами можно опредѣлить плотность этихъ тѣлъ; при этомъ плотность земли принимается за 1. Плотность земли относительно воды, какъ извѣстно, найдена равной 5.5. При помощи этого числа можно сравнить плотности принадлежащихъ солнечной системѣ тѣлъ съ плотностью воды.

Далѣе, по діаметру и массѣ небесныхъ тѣлъ легко вычислить, какой вѣсъ имѣетъ масса въ одинъ граммъ на поверхности каждой планеты. Въ слѣдующей таблицѣ сопоставлены эти величины, причемъ всѣ соотвѣтственныя величины на землѣ приняты за единицу:

	Разстояніе отъ солнца	Масса	Радіусъ	Плотность	Вѣсъ
Меркурій	0.387	0.0324	0.37	0.63	0.237
Венера	0.723	0.805	1.00	0.80	0.805
Земля	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Луна	—	0.0122	0.27	0.62	0.167
Марсъ	1.524	0.105	0.53	0.705	0.374
Юпитеръ	5.203	309.5	11.6	0.23	2.54
Сатурнъ	9.55	92.6	9.30	0.115	1.07
Уранъ	19.22	14.7	4.23	0.194	0.822
Нептунъ	30.12	16.5	3.80	0.301	1.14
Солнце	—	324439	108.56	0.25	27.4
Малыя планеты	1.46 до 4.27	—	—	—	—.

Эллиптическія, параболическія и гиперболическія движенія небесныхъ тѣлъ около солнца. Если одно тѣло, притягиваемое по закону Ньютона другимъ, которое мы предположимъ неподвижнымъ, имѣло первоначально движеніе, направленное не по линіи, соединяющей его съ притягивающимъ тѣломъ, то, какъ было указано выше, это тѣло опишетъ около неподвижнаго путь, имѣющій форму коническаго сѣченія; въ одномъ изъ фокусовъ его

будетъ находиться неподвижное тѣло. Коническія же сѣченія могутъ быть только двухъ различныхъ видовъ: либо замкнутыя кривыя, эллипсы, либо разомкнутыя, гиперболы. Среднее мѣсто между обоими этими видами занимаютъ параболы, также разомкнутыя кривыя, которыя можно разсматривать, какъ чрезвычайно удлиненные эллипсы, или какъ гиперболы, асимптоты коихъ безконечно мало наклонены другъ къ другу.

Въ томъ случаѣ, когда движущееся тѣло описываетъ эллипсъ, оно должно вернуться по истеченіи конечнаго времени къ своей исходной точкѣ. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ радіусъ-векторъ въ этомъ случаѣ никогда не становится безконечно большимъ, то по второму закону Кеплера это тѣло въ каждую секунду должно проходить конечную часть своего пути и черезъ достаточное число секундъ оно должно обойти всю орбиту. Послѣ этого точно такимъ же образомъ начнется новый оборотъ. Но если движущееся тѣло описываетъ параболическую или гиперболическую орбиту, то радіусъ-векторъ возростаетъ до безконечности и это тѣло никогда не возвращается обратно. Вслѣдствіе этого только тѣ тѣла, которыя движутся въ эллиптическихъ орбитахъ, имѣютъ конечное время оборота и принадлежатъ къ одной системѣ съ неподвижнымъ тѣломъ, извѣстнымъ образомъ связаны съ нимъ. Слѣдовательно, всѣ тѣла, принадлежащія солнечной системѣ, описываютъ вокругъ солнца эллиптическія орбиты. Тѣла, которыя появляются случайно и описываютъ около солнца параболическую или гиперболическую орбиту, приходятъ изъ безконечно отдаленныхъ областей и должны считаться только случайными гостями въ солнечной системѣ.

Поэтому очень интересно опредѣлить, описываетъ ли данное небесное тѣло вокругъ солнца эллипсъ или нѣтъ. Это можно узнать по величинѣ его скорости въ орбитѣ.

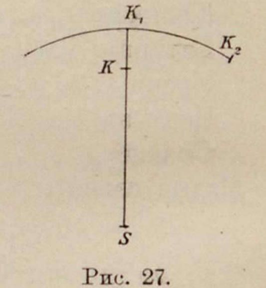


Рис. 27.

Потенціальная энергія движущагося тѣла. Представимъ себѣ движущееся тѣло массы m въ K и притягивающее, по предположенію, неподвижное тѣло, напримѣръ солнце, массы M въ S (рис. 27). Сила, движущая K къ S, будетъ

$$F = k\frac{Mm}{r^2},$$

если r означаетъ разстояніе KS. Предположимъ, что мы пере-

мѣщаемъ движущееся тѣло изъ K въ K_1 вдоль отрѣзка SK; мы производимъ работу, которая, по законамъ механики, измѣряется произведенiемъ приложенной силы на длину пройденнаго пути.

Поэтому, если F означаетъ эту силу и r_1 отрѣзокъ $K_1\,S$, то произведенная работа будетъ

$$A = F\,(r_1 - r).$$

Но сила F нѣсколько перемѣнна: въ точкѣ K ея величина есть

$$F = k\frac{M\,m}{r^2},$$

въ точкѣ же K_1

$$F = k\frac{M\,m}{r_1{}^2};$$

въ среднемъ ее можно принять равной

$$F = k\frac{M\,m}{r\,r_1}.$$

Это выраженiе ошибочно тѣмъ менѣе, чѣмъ меньше разнятся другъ отъ друга r и r_1, и, когда ихъ разность будетъ безконечно мала, это выраженiе станетъ совершенно точнымъ. Слѣдовательно, для небольшого перемѣщенiя будетъ

$$A = F\,(r_1 - r) = k\,M\,m\frac{r_1 - r}{r\,r_1} = k\,M\,m\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1}\right).$$

Если я буду перемѣщать тѣло изъ K въ K_2, причемъ разстоянiе $K_2\,S$ также принимается равнымъ r_1, то я могу представить эту операцiю произведенною такъ, что сначала тѣло перемѣщается въ K_1, а затѣмъ изъ K_1 въ K_2 по дугѣ круга съ центромъ въ S. Въ послѣдней части этого перемѣщенiя не затратится никакой работы, такъ какъ сила, дѣйствующая между тѣломъ и солнцемъ, направлена по радiусу; значитъ, ея составляющая вдоль перпендикулярной къ нему дуги $K_1\,K_2$ равна нулю. Слѣдовательно, на пути $K_1\,K_2$ не будетъ преодолѣваться никакой силы, т. е. не будетъ производиться никакой работы. Работа, нужная для перемѣщенiя тѣла другимъ путемъ, напримѣръ по прямой линiи изъ K въ K_2, должна, по первому основному положенiю механической теорiи тепла, быть точно та же, что и при перемѣщенiи тѣла изъ K въ K_2 путемъ KK_1K_2. И именно, если тѣло вначалѣ лежитъ на разстоянiи r отъ S, а въ концѣ на разстоянiи

r_1 отъ S, то произведенная работа (если $r_1 - r$ мало въ сравненіи съ r) будетъ

$$A = k\,M\,m\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1}\right).$$

Разсмотримъ теперь тотъ случай, когда тѣло перемѣщается въ точку K_0 на разстояніи r_n, гдѣ $r_n - r$ не мало въ сравненіи съ r. Для этого мы можемъ перемѣщать тѣло на небольшіе промежутки въ K_1, K_2, . . K_{n-1}, K_n, такъ, чтобы разстоянія $(r_1 - r)$, $(r_2 - r_1)$. . . . $(r_n - r_{n-1})$ были малы въ сравненіи съ r, r_1, . . . r_{n-1}, и напослѣдокъ по дугѣ круга съ центромъ въ S изъ K_n къ K_0. Работа будетъ въ такомъ случаѣ

$$A = k\,Mm\left\{\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1}\right) + \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) + \ldots. + \left(\frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n}\right)\right\}$$

$$= k\,Mm\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_n}\right).$$

Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ дѣйствуетъ тотъ же законъ, что и для небольшихъ перемѣщеній.

Мы можемъ взять r_n сколь угодно большимъ; возьмемъ r_n безконечно большимъ, тогда произведенная работа будетъ

$$A_\infty = k\,Mm.\frac{1}{r} = m\left(\frac{kM}{r}\right).$$

Выраженіе $-k\,Mm\frac{1}{r}$ называется потенціальной энергіей тѣла въ точкѣ K на разстояніи r отъ притягивающаго тѣла, а выраженіе $-k\,M\frac{1}{r}$ потенціаломъ тяжести въ точкѣ K. Оба эти выраженія возростаютъ съ увеличеніемъ r. Итакъ, работа, совершаемая при перемѣщеніи тѣла съ разстоянія r на разстояніе r_1 отъ неподвижнаго тѣла, притягивающаго первое по закону Ньютона, равняется разности потенціальной энергіи тѣла въ первой и второй точкахъ. Или эта работа равняется произведенію его массы на разность потенціаловъ тяжести во второй и первой точкахъ.

Кинетическая энергія движущагося тѣла. Предположимъ, что въ K_1 мы удерживаемъ неподвижно тѣло, притягиваемое неподвижнымъ тѣломъ въ S (рис. 27). Если мы затѣмъ выпустимъ это тѣло, оно двинется по направленію къ S, такъ

какъ въ этомъ направленіи дѣйствуетъ сила притяженія, и притомъ съ постоянно возростающею скоростью, такъ какъ сила притяженія возростаетъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе подходитъ тѣло къ S. Напротивъ, потенціальная энергія будетъ все болѣе уменьшаться. Благодаря своей скорости (v), движущееся тѣло обладаетъ извѣстной энергіей, такъ называемой кинетической энергіей или живой силой, измѣряемой формулой

$$E = \frac{1}{2} m v^2.$$

Если потенціальную энергію въ точкахъ K_1 и K мы назовемъ P_1 и P, кинетическую E_1 и E, то начало сохраненія энергіи требуетъ, чтобы все количество энергіи не измѣнялось, т. е. чтобы

$$P_1 + E_1 = P + E.$$

Въ нашемъ частномъ случаѣ $E_1 = 0$, такъ какъ было предположено, что скорость движущагося тѣла въ K_1 равнялась нулю.

Если внести сюда данныя выше величины потенціальной энергіи, то отсюда будетъ слѣдовать

$$E - E_1 = \frac{1}{2} m v^2 = P_1 - P = - m k M \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}\right),$$

или

$$v = \sqrt{2 (\pi_1 - \pi)},$$

гдѣ π_1 и π означаютъ потенціалъ тяжести въ точкахъ K_1 и K.

Перенесемъ K_1 на безконечное разстояніе, тогда

$$v = \sqrt{-2 \pi}.$$

Когда тѣло проникаетъ въ солнечную систему изъ безконечности, не имѣя начальной скорости, то его скорость въ каждой данной точкѣ равняется корню изъ удвоеннаго потенціала въ этой точкѣ, взятаго съ обратнымъ знакомъ. Знакъ долженъ быть измѣненъ, такъ какъ по изложенному выше потенціалъ тяжести всегда отрицателенъ.

P
S

Рис. 28.

Наклоны и эксцентриситеты орбитъ. Если небесное тѣло находится въ P (рис. 28), а притягивающее центральное тѣло (солнце) въ S, и первое обладаетъ начальною скоростью въ направленіи стрѣлки, то вся орбита будетъ лежать въ той плоскости, въ которой лежатъ элементъ орбиты P (направленіе стрѣлки) и центральное тѣло S. Въ

самомъ дѣлѣ, притяженіе между P и S всегда направлено по соединяющей ихъ линіи и радіусъ-векторъ PS лежитъ первоначально въ плоскости бумаги (той, въ которой лежатъ стрѣлка и S); поэтому и ускореніе будетъ лежать въ этой плоскости, т. е. и результирующее изъ прежняго движенія и изъ ускоренія новое движеніе будетъ также направлено по прямой линіи въ плоскости бумаги. Слѣдовательно, путь планеты вокругъ солнца лежитъ въ разъ навсегда опредѣленной плоскости. Эта плоскость имѣетъ опредѣленный наклонъ къ эклиптикѣ, который и приведенъ ниже для нѣкоторыхъ планетъ. Таблица содержитъ кромѣ того эксцентриситеты указанныхъ орбитъ и время звѣзднаго оборота планетъ вокругъ ихъ оси.

	Наклонъ плоскости орбиты	эксцентриситетъ	Время вращенія
Солнце	—	—	24.84^д
Меркурій	7°0′	0.2056	87.97^д
Венера	324	0.0068	224.70^д (23.95^ч?)
Земля	00	0.0168	23.94^ч
Марсъ	151	0.0933	24.62^ч
Малыя планеты	041 до 3443	0.000 до 0.383	неизвѣстно
Юпитеръ	119	0.0482	9.92^ч
Сатурнъ	230	0.0561	10.27^ч
Уранъ	046	0·0464	неизвѣстно
Нептунъ	147	0.0090	неизвѣстно.

Какъ видно изъ этой таблицы, наклоны планетныхъ орбитъ къ эклиптикѣ очень незначительны, за исключеніемъ нѣсколькихъ малыхъ планетъ. Больше всего онъ у Меркурія (7°0′), затѣмъ слѣдуетъ Венера (3°24′). Точно также, за исключеніемъ нѣсколькихъ малыхъ планетъ, очень малы и эксцентриситеты. И въ этомъ случаѣ наибольшая величина приходится на долю Меркурія (0.2056), а затѣмъ Марса (0.0933). Въ этомъ отношеніи планеты солнечной системы представляютъ нѣчто совершенно иное, чѣмъ составляющія двойныхъ звѣздъ, обладающія очень эксцентрическими орбитами (ср. выше стр. 52).

Орбитальныя скорости. Для планеты (массы m), движущейся по круговой орбитѣ (радіуса r) вокругъ солнца (массы M), сила притяженія (F) дается выраженіями:

$$F = k\frac{mM}{r^2} = m\frac{v^2}{r},$$

а ускореніе $\gamma = F/m$ выраженіями:

$$\gamma = \frac{kM}{r^2} = \frac{v^2}{r^2},$$

откуда слѣдуетъ

$$v = \sqrt{\frac{kM}{r}} = \sqrt{-\pi}.$$

Такимъ образомъ для того, чтобы небесное тѣло двигалось вокругъ солнца по круговой орбитѣ, его скорость должна равняться квадратному корню изъ взятаго съ обратнымъ знакомъ потенціала тяжести на его орбитѣ. Для земли, радіусъ орбиты которой принимается обыкновенно за единицу, орбитальная скорость равна 29.5 км. въ сек. Для другой планеты, разстояніе которой отъ солнца n (въ n разъ больше разстоянія земли), скорость въ орбитѣ будетъ

$$v = \frac{29.5}{\sqrt{n}} \frac{\text{км.}}{\text{сек.}}.$$

Изъ приведенныхъ выше величинъ n (стр. 83) легко вычислить такимъ образомъ орбитальныя скорости планетъ.

Мы видѣли выше, что тѣло, попадающее въ солнечную систему съ безконечнаго разстоянія и не имѣвшее начальной скорости, въ данной точкѣ своей орбиты обладаетъ скоростью, равной квадратному корню изъ удвоеннаго потенціала въ этой точкѣ. Можно доказать, что это тѣло двигается по параболической орбитѣ. Обогнувъ солнце, такое небесное тѣло будетъ затѣмъ уходить отъ него безконечно далеко по параболической линіи. Слѣдовательно, если скорость какого-нибудь тѣла имѣетъ указанную величину, оно должно выйти изъ солнечной системы. Но если скорость его меньше, то оно не можетъ выйти изъ солнечной системы; если бы даже вся его кинетическая энергія превратилась въ потенціальную, то и тогда его потенціальная энергія все же не достигла бы величины нуля, оставаясь всегда меньше его. Это значитъ, что потенціалъ такого тѣла никогда не можетъ принять значеній большихъ нѣкоторой опредѣленной величины, и тѣло никогда не можетъ удалиться отъ солнца дальше области, опредѣляемой этимъ максимальнымъ значеніемъ потенціала. Слѣдовательно, такія тѣла должны двигаться вокругъ солнца (B) по замкнутымъ кривымъ, т. е. въ данномъ случаѣ по эллипсамъ (см. рис. 29).

Наоборотъ, если тѣло обладаетъ въ своей орбитѣ большею

скоростью, чѣмъ наше тѣло сравненія, описывающее параболическую орбиту, то дѣйствіемъ солнца его орбита будетъ искривлена не такъ сильно, какъ орбита тѣла сравненія, солнце будетъ дѣйствовать на него въ перигеліи (наименьшемъ разстояніи отъ солнца) не такъ долго, какъ на первое. Поэтому кривая линія, которую опишетъ разсматриваемое тѣло, будетъ лежать внѣ параболы и должна имѣть форму гиперболы. Легко понять, что наше тѣло сравненія должно описывать параболическую орбиту: такъ какъ всѣ тѣла, обладающія вблизи солнца меньшею ско-

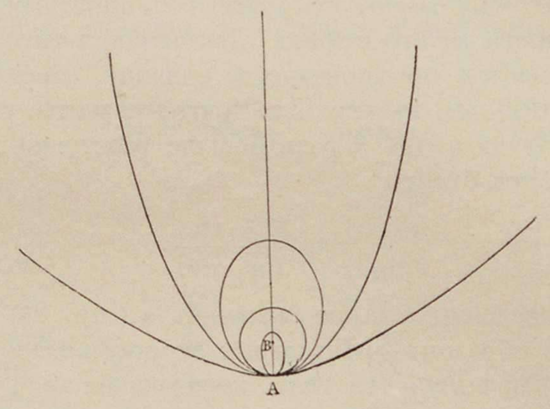


Рис. 29. Небольшая внутренняя кривая изображаетъ эллипсъ съ малымъ эксцентриситетомъ, слѣдующая кривая есть окружность; далѣе слѣдуютъ эллипсъ съ большимъ эксцентриситетомъ, парабола и гипербола. *AB* есть ихъ общая ось.

ростью, описываютъ эллипсы съ тѣмъ большимъ эксцентриситетомъ, чѣмъ больше приближается ихъ скорость къ скорости тѣла сравненія, то это послѣднее должно описывать эллипсъ съ наибольшимъ возможнымъ эксцентриситетомъ (=1), т. е. параболу.

Итакъ, если небесное тѣло въ какой-нибудь точкѣ своей орбиты имѣетъ скорость меньшую, чѣмъ $v = \sqrt{-2\pi}$, то оно описываетъ эллиптическую орбиту и остается въ солнечной системѣ; въ противномъ случаѣ оно не принадлежитъ этой системѣ.

Причина тяготѣнія. Ньютонъ, какъ онъ ясно говоритъ это въ своемъ изслѣдованіи тяжести, не придерживался того взгляда, что тяжелыя тѣла дѣйствуютъ непосредственно другъ на друга. Скорѣе слѣдуетъ предположить, что это дѣйствіе возникаетъ чрезъ посредство промежуточной среды. Всѣ сдѣланныя попытки объяснить силу тяжести, какъ результатъ движенія въ средѣ, находящейся между тѣлами, наталкиваются на то затрудненіе, что тяжесть безпрепятственно проходитъ сквозь тѣла, какъ бы велики и плотны они ни были. Такъ, напримѣръ, притяженіе

солнца дѣйствуетъ на частицу, лежащую въ центрѣ земли, сквозь всѣ промежуточные слои. А такъ какъ дѣйствіе силы должно состоять въ какомъ-нибудь измѣненіи движеній тѣла, подвергающагося ея вліянію, то необходимо принять, что частица, лежащая позади другой, подверженной той же силѣ, по крайней мѣрѣ отчасти закрыта отъ этого вліянія. Поэтому на соединительной линіи между частицею въ центрѣ земли и любою частицею на солнцѣ не должна была бы лежать ни одна изъ безконечно большого числа тяжелыхъ частицъ верхнихъ слоевъ земли. Значитъ, необходимо предположить, что частицы, на которыя дѣйствуетъ сила тяжести, имѣютъ безконечно малое протяженіе и должны считаться математическими точками. Физически этотъ взглядъ немыслимъ. Точно также невозможно представить себѣ, чтобы математическія точки могли возмущать движеніе. Удивительно, что та самая сила природы, которую мы точнѣе всего можемъ прослѣдить посредствомъ вычисленія, въ физическомъ отношеніи представляетъ величайшую загадку.

Если тяжесть возникаетъ вслѣдствіе движеній въ промежуточной средѣ, то естественно думать, что она не можетъ дѣйствовать мгновенно, а должна требовать извѣстнаго времени для того, чтобы достигнуть отъ притягивающаго тѣла къ притягиваемому. Очевидно, въ этомъ случаѣ воздѣйствіе на движущееся тѣло не будетъ тѣмъ, какое можно вычислить на основаніи его начальнаго положенія. Точно такимъ же образомъ мы видимъ звѣзду, удаленную на разстояніе одного свѣтового года, не тамъ, гдѣ она находится въ настоящее время, а тамъ, гдѣ она находилась годъ тому назадъ. Такимъ образомъ, если бы, напримѣръ, распространеніе дѣйствія тяжести отъ солнца къ землѣ происходило въ t секундъ, то дѣйствіе тяжести въ опредѣленный моментъ времени нужно было бы вычислить не по дѣйствительному положенію земли въ этотъ моментъ, но по ея положенію на t секундъ раньше. Несмотря на то, что астрономическія измѣренія производятся особенно точно и что скорость распространенія тяжести, которая превышала бы скорость свѣта въ 10^6 разъ, легко могла бы быть открыта (Леманъ-Фильесъ, Lehmann-Filhès), не найдено ни малѣйшаго слѣда подобнаго вліянія. Поэтому дѣйствіе тяготѣнія, надо думать, распространяется въ пространствѣ съ безконечною скоростью, что столь же трудно понять.

Законъ Тиціуса-Боде (Titius-Bode) и малыя планеты. Разсматривая данныя относительно разстояній планетъ отъ солн-

ца, Тиціусъ нашелъ въ нихъ опредѣленную правильность, именно: разстоянія планетъ отъ Меркурія возростаютъ приблизительно по степенямъ двухъ, т. е. эти разстоянія увеличиваются вдвое для каждой послѣдующей планеты, какъ показываетъ слѣдующая таблица:

	Разстояніе		
	отъ солнца	отъ Меркурія дѣйствительн.	вычисленныя
Меркурій . . .	0.37	0	0
Венера	0.72	0.35	0.30
Земля	1.00	0.63	0.59
Марсъ	1.52	1.15	1.17
X			2.35
Юпитеръ . . .	5.20	4.83	4.7
Сатурнъ . . .	9.56	9.19	9.4
Уранъ	19.22	18.85	18.8
Нептунъ . . .	30.12	29.75	(37.6).

Однако, для сохраненія этой правильности слѣдовало предположить, что между Марсомъ и Юпитеромъ на разстояніи 2.72 радіусовъ земной орбиты отъ солнца существуетъ неизвѣстная въ то время планета. На этомъ основаніи и стали искать въ этомъ мѣстѣ планету и 1 января 1801 г. Піацци (Piazzi) нашелъ ее въ видѣ звѣзды 8 величины; онъ назвалъ ее Церерою. Съ тѣхъ поръ открыто около 450 подобныхъ малыхъ планетъ. Теперь каждый годъ ихъ находятъ нѣсколько съ помощью фотографіи [1]). Именно, если при помощи часового механизма наладить камеру такъ, чтобы она во время сниманія слѣдовала за видимымъ движеніемъ небеснаго свода, то звѣзды дадутъ изображенія на фотографіи въ видѣ точекъ; планета же, вслѣдствіе своего движенія на небесномъ сводѣ, даетъ изображеніе въ видѣ черточки, какъ показываетъ прилагаемый рисунокъ (рис. 30).

Съ большимъ вниманіемъ было встрѣчено открытіе Виттомъ (Witt) 13 августа 1898 г. малой планеты Эроса. Этотъ планетоидъ находится отъ солнца на среднемъ разстояніи всего въ 1.46 радіусовъ земной орбиты, слѣдовательно, лежитъ между землею и Марсомъ. Вслѣдствіе большого эксцентриситета (0.23) его орбиты разстояніе отъ солнца въ афеліи (наибольшемъ разстояніи отъ солнца) превышаетъ разстояніе Марса, тогда какъ въ перигеліи (вблизи солнца) планетоидъ находится отъ солнца на разстояніи всего только 1.13 радіуса земной орбиты. Такимъ

[1]) Въ настоящее время число ихъ уже перешло за пятьсотъ.

образомъ, планета можетъ подходить къ землѣ чрезвычайно близко, и есть надежда, что по этой планетѣ можно будетъ измѣрить солнечный параллаксъ съ точностью, недостигнутой до сихъ поръ (ср. выше стр. 75). Съ другой стороны есть планетоиды, которые въ афеліи удалены отъ орбиты Юпитера только на $^1/_2$ радіуса земной орбиты. Слѣдовательно, эти небесныя тѣла не ограничены тѣмъ небольшимъ пространствомъ, какое предполагалъ законъ Тиціуса-Боде. Впрочемъ, что этотъ законъ согласуется съ дѣйствительностью очень грубо, видно уже по разстоянію планеты Нептуна.

При помощи рефрактора обсерваторіи Лика удалось измѣ-



Рис. 30. Планетоидъ Свеа, открытый фотографически Максомъ Вольфомъ (Max Wolf) въ Гейдельбергѣ 21 марта 1892 г.

рить діаметры нѣкоторыхъ планетоидовъ. Для трехъ наибольшихъ: Цереры, Весты и Паллады нашли величины 960, 380 и 440 км. Величина тѣхъ изъ планетоидовъ, которые не могли быть измѣрены непосредственно, была оцѣнена по ихъ блеску, причемъ въ результатѣ получилось, что наименьшіе изъ открытыхъ планетоидовъ имѣютъ поперечникъ всего около 10 км.

Благодаря большому разнообразію въ разстояніяхъ отъ ближайшихъ планетоидовъ и во временахъ обращенія, планетоиды представляютъ большой интересъ со стороны изученія явленій движенія при наличности сильныхъ возмущеній.

Вычислено, что всѣ извѣстные планетоиды, сложенные въ одинъ шаръ, составили бы небесное тѣло съ радіусомъ въ одну двадцатую земного радіуса. Поэтому весь объемъ недостающей (по закону Тиціуса) между Марсомъ и Юпитеромъ планеты не составилъ бы даже одного процента объема луны. При этомъ слѣдуетъ, однако, принять во вниманіе, что намъ извѣстны еще не всѣ планетоиды.

III. Солнце.

Свѣтовое и тепловое излученіе солнца. Наиболѣе важнымъ для насъ изъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ (за исключеніемъ земли) является правитель солнечной системы, само солнце. Отъ него происходитъ вся сила и движеніе, вся жизнь и стремленіе на землѣ. И все же въ нашихъ свѣдѣніяхъ о дневномъ свѣтилѣ, несмотря на всѣ тщательныя изслѣдованія, особенно новѣйшаго времени, остается чрезвычайно много загадокъ.

Солнце есть раскаленное тѣло столь колоссальныхъ размѣровъ, что его масса приблизительно въ 750 разъ больше массы всѣхъ планетъ и спутниковъ, вмѣстѣ взятыхъ. Его поперечникъ составляетъ около 1.8 поперечника лунной орбиты, а объемъ его въ одинъ съ четвертью милліонъ разъ больше объема земли. И все-же солнце, какъ мы видѣли, очень мало (слабо по яркости) въ сравненіи съ тѣми колоссальными звѣздами, которыя, какъ Сиріусъ, Вега и еще болѣе Канопусъ и Арктуръ, являются намъ звѣздами первой величины.

Съ земли солнце представляется блестящимъ свѣтящимся дискомъ съ поперечникомъ 31′59″, яркость котораго больше всего въ серединѣ и равномѣрно уменьшается во всѣ стороны, въ чемъ можно убѣдиться, разсматривая солнце въ сильно зачерненное стекло. Какъ свѣтовое, такъ и тепловое излученіе и химическая энергія его лучей постепенно уменьшаются отъ центра солнца къ краямъ, какъ показываетъ слѣдующая таблица, гдѣ разстояніе 0.0 указываетъ центръ, разстояніе 1.00—край солнца.

Разстояніе отъ центра солнца	Тепловое излученіе	Свѣтовое излученіе	Химическое дѣйствіе
0.0	100	100	100
0.2	99.5	98	98

Разстоянie отъ центра солнца	Тепловое излученie	Свѣтовое излученie	Химическое дѣйствie
0.4	97.2	94	94
0.6	92.2	87	83
0.8	82.5	75	58
0.9	72.0	64	37
0.95	61.8	55	25
1.00	42.9	37	13.

Приведенныя тепловыя измѣренiя принадлежатъ Уильсону (Wilson), измѣренiя силы свѣта Пикерингу, а измѣренiя фотохимическаго излученiя Фогелю (H. C. Vogel). Какъ видно изъ этихъ цифръ, быстрѣе всего уменьшается отъ центра къ краямъ химическое излученie; свѣтовое излученie занимаетъ среднее мѣсто, а излученie тепловое уменьшается сравнительно медленно.

Легко понять, отчего это зависитъ. Излученie исходитъ изъ различныхъ, болѣе или менѣе глубоко лежащихъ, слоевъ солнца.

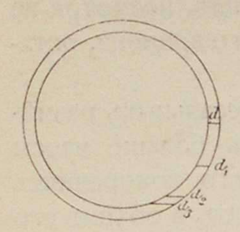


Рис. 31.

Толщина излучающаго слоя (d, d_1, d_2, d_3 на рис. 31) между двумя концентрическими сферическими поверхностями солнца быстро увеличивается съ разстоянiемъ отъ солнечнаго центра. Выше же лежащie слои поглощаютъ свѣтъ, идущiй отъ болѣе глубокихъ; слѣдовательно, излученie болѣе глубокихъ слоевъ будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ тоньше слои, находящiеся между ними и инструментомъ наблюденiя, т. е. чѣмъ ближе къ центру солнечнаго диска. Но чѣмъ глубже лежитъ слой, тѣмъ болѣе высокую температуру долженъ онъ имѣть. Слѣдовательно, излученie исходитъ изъ тѣмъ болѣе нагрѣтыхъ слоевъ, чѣмъ ближе къ центру диска взята наблюдательная точка. Но, какъ хорошо извѣстно, лучеиспусканie тѣла увеличивается съ его температурою такимъ образомъ, что излученie тепла растетъ меньше всего, излученie свѣта гораздо больше, а фотохимическое излученie, состоящее изъ наиболѣе преломляемыхъ лучей свѣта, больше всего. Этимъ легко объясняется указанное выше распредѣленie относительной силы излученiй. Далѣе, такъ какъ толщина слоя, лежащаго между двумя концентрическими сферическими поверхностями, съ удаленiемъ отъ центра солнца растетъ сначала медленно, а на краю очень быстро, то и излученie очень медленно уменьшается вблизи центра, но очень быстро вблизи края.

Поглощенiе, производимое солнечною атмосферою, оцѣниваютъ приблизительно въ половину всего излученiя, исходящаго изъ самаго ядра солнца.

Количества свѣта и тепла, которыя разсылаетъ во всѣ стороны солнце, поразительно огромны. Свѣтовое излученiе солнца при ясномъ небѣ и большой высотѣ солнца надъ горизонтомъ были опредѣлено въ 288000 метро-свѣчей, т. е. солнечный свѣтъ такъ же силенъ, какъ и свѣтъ 288000 нормальныхъ свѣчей на разстоянiи 1 метра. По Бонду (Bond) солнечный свѣтъ въ 470000 разъ сильнѣе свѣта полной луны, по Цёлльнеру въ 55000 миллiоновъ разъ сильнѣе свѣта Капеллы.

Изъ измѣренiй количества тепла, падающаго отъ солнца на поверхность одного квадратнаго сантиметра, помѣщеннаго перпендикулярно къ его лучамъ, можно вычислить, что на границѣ земной атмосферы это количество тепла, такъ называемая солнечная постоянная, составляетъ около 2.5 граммокалорiй[1]). Слѣдовательно, на все поперечное сѣченiе земли, имѣющее поверхность въ $10000 \times (20000000)^2 : \pi = 1.277 \times 10^{18}$ см^2, солнечное излученiе достигаетъ 3.2×10^{18} граммокалорiй въ минуту, т. е. 1.68×10^{24} граммокалорiй въ годъ. А такъ какъ земля съ солнца представляется круглымъ дискомъ съ поперечникомъ въ 17.6″, то легко вычислить, что только 1:2260000000-ая часть всей солнечной теплоты потребляется землею. Соотвѣтственно этому вся теплота, высылаемая солнцемъ въ мiровое пространство, достигаетъ совершенно непостижимаго количества 3.8×10^{33} граммокалорiй въ годъ.

Такъ какъ, далѣе, плотность земли принимается равной 5.5, то масса земли составляетъ $^4/_3 \pi r^3 \times 5.5 = 6 \times 10^{27}$ граммовъ. Масса солнца въ 324000 разъ больше массы земли, слѣдовательно, равна массѣ 1.9×10^{33} граммовъ. Поэтому каждый граммъ солнечной массы теряетъ ежегодно не менѣе 2 граммокалорiй. И весьма замѣчательно, что солнце не лишилось своего запаса теплоты давно, въ неизмѣримо далекiя времена. Мы увидимъ ниже, какъ объясняютъ покрытiе колоссальныхъ потерь теплоты солнцемъ.

Недавно Никольсъ (E. F. Nichols) измѣрилъ тепловое излученiе нѣкоторыхъ изъ самыхъ яркихъ неподвижныхъ звѣздъ,

именно Арктура и Веги, при помощи радіомикрометра[1]). Обѣ эти звѣзды излучаютъ такое же количество теплоты, какое даетъ одна нормальная свѣча на разстояніи 8.5 и 18 км. Изъ этихъ чиселъ можно вычислить, что тепловое излученіе солнца превосходитъ излученіе названныхъ звѣздъ почти въ такой же степени, какъ и свѣтовое.

Внѣшній видъ солнечной поверхности. Грануляція. Если наблюдать солнечную поверхность при помощи очень сильныхъ инструментовъ или снять большую фотографію солнца, то оказывается, что яркость его не равномѣрна, но что на темномъ фонѣ имѣются свѣтлыя образованія въ родѣ зеренъ. Видъ этихъ образованій сравнивали съ видомъ зеренъ риса или листьевъ ивы. Ланглей (Langley) сравниваетъ ихъ со снѣжинками на сѣровато-бѣлой матеріи. Между этими болѣе свѣтлыми образованіями попадаются тамъ и сямъ болѣе темныя пятнышки, называемыя „порами". Свѣтлыя зернышки, имѣющія поперечники отъ 2″ до 4″, при очень значительномъ увеличеніи распадаются на свѣтлыя точки съ поперечникомъ около 0.3″. Эти образованія въ нѣкоторыхъ мѣстахъ очень рѣзки, въ другихъ нѣсколько размыты. Часто эти области быстро мѣняютъ форму и протяженіе, что указываетъ на сильныя теченія на поверхности солнца. Шейнеръ придерживается мнѣнія, что эта такъ называемая грануляція солнечной поверхности происходитъ отъ облачныхъ образованій, которыя ближе всего сравнить съ перистыми облаками нашей атмосферы, по теоріи Гельмгольца (Helmholtz) возникающими вслѣдствіе образованія волнъ на границѣ между двумя атмосферными слоями, которые движутся одинъ мимо другого. Вблизи пятенъ зерна часто вытягиваются въ длину и становятся похожими на соломинки, что указываетъ, быть можетъ, на сильныя движенія. Такъ какъ одна секунда дуги соотвѣтствуетъ длинѣ 720 км. на солнечной поверхности, то наименьшія зерна должны имѣть поперечникъ около 200 км., что, во всякомъ случаѣ, далеко превосходитъ величину перистыхъ облаковъ.

---

[1]) Радіомикрометръ, предложенный Boys'омъ, состоитъ изъ очень легкой термоэлектрической пары (двѣ тонкія полоски сюрьмы и висмута, на одномъ концѣ спаянныя, а на другомъ соединенныя мѣдной проволокой), подвѣшенной въ сильномъ магнитномъ полѣ на тончайшей кварцевой нити. Самое ничтожное количество тепла, падающее на спай, возбуждаетъ въ парѣ токъ и пара подъ вліяніемъ магнитнаго поля поворачивается на нити, соотвѣтственно силѣ возникшаго въ ней тока. Этотъ приборъ оказался чувствительнѣе болометра, который въ свою очередь точно измѣряетъ 0.0001 градуса Цельсія.

Факелы. Значительно большее протяженіе, чѣмъ зерна, имѣютъ факелы,—неправильныя, часто удлиненныя полоски, болѣе яркія, чѣмъ остальная поверхность солнца, видимыя гораздо отчетливѣе вблизи краевъ солнца, чѣмъ въ серединѣ. Они очень подвижны, особенно замѣтны вблизи пятенъ и имѣютъ связь съ протуберанцами.

Примѣняя очень сильное разсѣяніе свѣта, можно, какъ это было сдѣлано съ протуберанцами, устранить всякій свѣтъ, кромѣ свѣта опредѣленной длины волны, отличающагося своей яркостью. Такъ, напримѣръ, протуберанцы даютъ очень сильно нѣкоторыя линіи водорода, C, F и h, а равно и линію гелія (ср. таб. II, 3), но очень мало другого свѣта. Каждая протуберанца, разсматриваемая сквозь призму, даетъ свое изображеніе въ каждой водородной линіи. Устраняя другой свѣтъ, кромѣ, напримѣръ, линіи C, можно, слѣдовательно, получить изображеніе солнечныхъ протуберанецъ въ свѣтѣ этой линіи. Этотъ же принципъ примѣнили Деландръ (Deslandres) и Гэль (Hale) къ образованіямъ на солнечномъ дискѣ. Установкой на линіи кальція H или K Гэль получилъ фотографію солнечныхъ образованій, излучающихъ свѣтъ кальція и обладающихъ очень большимъ сходствомъ съ факелами. Деландръ, однако, оспариваетъ ихъ тождественность съ факелами. При подобныхъ снимкахъ можно фотографировать одновременно только очень небольшія части солнечной поверхности, почему для такого изображенія солнца требуется около сотни отдѣльныхъ снимковъ. Значительно большая яркость факеловъ (сравнительно съ яркостью поверхности) на краю солнца въ сравненіи съ серединой доказываетъ, что излученіе факеловъ относительно мало зависитъ отъ лежащихъ выше слоевъ. Иными словами, факелы лежатъ выше, чѣмъ грануляція солнечной поверхности, которая, однако, производитъ главное излученіе. Джуэлль (Jewell) и Молеръ нашли, что и длины волны линій гелія въ факелахъ короче, чѣмъ рядомъ на поверхности солнца, что указываетъ либо на восходящее движеніе, либо на болѣе низкое давленіе въ факелахъ. На самомъ краю солнца факелы представляются иногда замѣтными возвышеніями.

Факелы и особенно грануляція даютъ преобладающую, главную часть солнечнаго свѣта и потому называются фотосферою.

Пятна. Самое удивительное образованіе на солнечной поверхности представляютъ пятна (ср. рис. 32), которыя бываютъ иногда такъ велики, что ихъ можно видѣть простымъ глазомъ. Такъ, напримѣръ, солнечное пятно 13 февраля 1892 г. занимало

не менѣе 3.5 тысячныхъ долей всей поверхности солнца. Еще больше было одно пятно въ 1858 году: оно занимало 28 тысячныхъ солнечной поверхности. Такъ какъ солнечный дискъ приблизительно въ 12000 разъ превышаетъ наибольшее сѣченіе земли, то пятна такимъ образомъ бываютъ иногда въ 100 разъ больше поперечнаго сѣченія земли.

Солнечныя пятна состоятъ изъ центральнаго темнаго ядра, называемаго umbra, тѣнью, окруженнаго болѣе или менѣе широкою полутѣнью, такъ называемой penumbra, имѣющею лучистое строеніе. Если яркость фотосферы принять равной 1, то относительная яркость этихъ частей выразится приблизительно черезъ 0.05 и 0.25. Это отношеніе не на всей поверхности одинаково:



Рис. 32. Группа пятенъ.

яркость пятенъ сравнительно со смежными частями увеличивается къ краямъ; это указываетъ на то, что излучающія части пятенъ лежатъ главнымъ образомъ надъ фотосферой. Нити, изъ которыхъ состоитъ полутѣнь, часто бываютъ значительно ярче на своихъ внутреннихъ концахъ и иногда разлагаются тамъ въ свѣтлыя зерна. Обыкновенно пятно возникаетъ вслѣдствіе расширенія одной какой-нибудь поры или сліянія нѣсколькихъ поръ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ энергичное образованіе факеловъ указываетъ на интенсивные процессы въ матеріи солнца. Большею частью они являются группами. Часто большое пятно бываетъ окружено нѣсколькими маленькими, которыя обладаютъ только болѣе или менѣе односторонне-развитою полутѣнью, или вовсе не имѣютъ ея. Иногда нити полутѣни образуютъ свѣтлые мосты черезъ пятно,

позднѣе исчезающіе или же остающіеся, причемъ пятно дѣлится на двѣ части. Нерѣдко эти части, повидимому, отталкиваются одна отъ другой, какъ и вообще часто между двумя близлежащими пятнами существуетъ, повидимому, родъ отталкиванія.

По большей части пятна окружены факелами, а иногда въ ихъ окрестности внезапно появляются необычайно яркія факелоподобныя образованія, движущіяся съ большою скоростью и затѣмъ исчезающія. Такъ, напримѣръ, Каррингтонъ (Carrington) и Годжсонъ (Hodgson) видѣли 1 Сентября 1859 г., какъ два серповидныхъ факела около 13000 км. длиной и 300 км. шириной внезапно появились на краю одного пятна. Они находились на разстояніи приблизительно 20000 км. другъ отъ друга и прошли надъ пятномъ по параллельнымъ путямъ. Черезъ 5 минутъ, въ теченіе которыхъ они пролетѣли 50000 км., они исчезли. Ихъ яркость была оцѣнена въ 6 разъ больше яркости фотосферы.

Иногда, но рѣдко, нити полутѣни направлены не по радіусамъ къ центру пятна, а наклонно къ нимъ, что указываетъ на вращательное движеніе пятна. Этимъ обстоятельствомъ воспользовался Фэ (Faye) для объясненія явленій, происходящихъ на поверхности солнца; онъ предполагаетъ, что пятна суть явленія. подобныя циклонамъ.

Пятна постепенно передвигаются съ восточнаго края солнца къ западному; отсюда не замедлили сдѣлать заключеніе о періодѣ вращенія солнца. Исчезнувъ за краемъ солнца, пятно, послѣ полуоборота солнца, снова появляется на другой сторонѣ (время синодическаго оборота составляетъ около 27 дней). Такимъ образомъ оно можетъ обернуться еще разъ и т. д. Обыкновенно, оно сильно измѣняетъ свою форму за время своего существованія, составляющаго въ среднемъ отъ 2 до 3 мѣсяцевъ. Нѣкоторыя пятна существуютъ только нѣсколько часовъ, другія нѣсколько дней, а наблюдались и такія, которыя держались $1\frac{1}{2}$ г. (1840—1841).

Вильсонова (Wilson) теорія пятенъ. Пятна мѣняютъ свой внѣшній видъ при видимомъ прохожденіи по солнечному диску не только вслѣдствіе смѣщеній ихъ различныхъ частей, но и вслѣдствіе перспективы. Именно, если посреди солнца пятно кажется круглымъ, то на краю солнца оно будетъ имѣть эллиптическій видъ, будучи сильно укорочено въ направленіи экватора. Кромѣ того Вильсонъ видѣлъ, что въ большинствѣ случаевъ полутѣнь на ближайшей къ наблюдателю сторонѣ пятна вблизи края солнца или исчезала, или, по крайней мѣрѣ, казалась гораздо уже, чѣмъ полутѣнь на далекой сторонѣ. На самомъ краю солнца большія пятна казались ему какъ-бы темными выемками въ свѣт-

ломъ дискѣ солнца. Это обстоятельство было объяснено такъ, что пятно надо считать углубленіемъ, дно котораго есть тѣнь, а полого спускающіяся стѣны—полутѣнь. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ части пятна имѣли какъ разъ обратное расположеніе, такъ что его быть можетъ, слѣдовало считать возвышеніемъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что во многихъ случаяхъ полутѣнь весьма различна по ширинѣ на двухъ сторонахъ пятна, находящагося близко къ серединѣ солнца. Слѣдовательно, для того чтобы рѣшить вопросъ, надо ли считать пятна углубленіями, нужно было прибѣгнуть къ статистикѣ, относительно вида этихъ объектовъ вблизи края солнца. Такая статистика была дана Де ла Рю (De la Rue), Стьюартомъ (Stewart) и Лоэви (Loewy) для 600 пятенъ. 75 процентовъ всѣхъ случаевъ были благопріятны для взгляда Вильсона, 12 неблагопріятны, остальные безразличны.

Однако, въ новѣйшее время этотъ вопросъ былъ поднятъ снова, и въ большинствѣ случаевъ заключеніе получилось неблагопріятное для теоріи Вильсона. Такъ напримѣръ, Сидгривсъ (Sidgreaves) въ Стонигёрстѣ (Stonyhurst) нашелъ, что изъ 171 солнечнаго пятна 42 были за теорію Вильсона, 121 противъ нея, 8 ни за, ни противъ. Съ другой стороны, Риккò (Riccò) въ Катаніи получилъ благопріятный для этой теоріи результатъ, именно: изъ 185 изслѣдованныхъ пятенъ 131 оказались въ согласіи съ этой теоріей, 18 противорѣчащими ей, а остальныя 36 безразличными. Господствующимъ теперь взглядомъ является, пожалуй, тотъ, что спокойныя, бóльшія, почти круглыя пятна нужно считать углубленіями, тогда какъ другія часто выступаютъ въ видѣ возвышенностей. Упомянутые выше 185 пятенъ Риккò выбралъ на самомъ дѣлѣ изъ числа болѣе 3000. Фростъ (Frost), Гоулетъ (Howlett), Эвершедъ (Evershed) и др. также несогласны со взглядомъ Вильсона.

Первые открыли солнечныя пятна Фабриціусъ (Fabricius), Шейнеръ и Галилей. Шейнеръ принималъ ихъ сначала за небольшія планеты, проходившія передъ солнечнымъ дискомъ, но позже онъ примкнулъ къ общему взгляду, что пятна дѣйствительно находятся на самомъ солнцѣ, и по ихъ движенію очень точно опредѣлилъ положеніе оси вращенія и время оборота солнца. Позднѣе явилась приведенная выше теорія Вильсона, поддержанная Гершелемъ и нашедшая общее признаніе. Секки придалъ ей современную форму, согласно которой пятно слѣдуетъ считать углубленіемъ въ фотосферѣ, черезъ которое внутрь солнца падаютъ обратно продукты предшествующихъ изверженій;

эти изверженія образуютъ большія облака сильно поглощающихъ болѣе холодныхъ паровъ. Поэтому на мѣстѣ пятна раньше должно быть кратковременное изверженіе. Вещества, выброшенныя имъ вверхъ, должны оставаться непродолжительное время въ верхнихъ слояхъ и охлаждаться, а затѣмъ падать въ фотосферу и образовывать собственно пятно. Дѣйствительно, для объясненія наблюдаемыхъ движеній въ областяхъ пятенъ слѣдуетъ предположить сильное охлажденіе наружныхъ слоевъ излученіемъ.

Спектръ солнечныхъ пятенъ представлетъ много особенностей. Темныя фраунгоферовы линіи, характерныя для свѣта солнца, большею частью имѣются и въ спектрѣ пятенъ. Но нѣкоторыя изъ нихъ отсутствуютъ, за то появляются другія новыя, напримѣръ характерная линія D_3, принадлежащая гелію (рис. 33). (На рисункѣ 33 и 34 щель спектроскопа серединой направлена на пятно, тогда какъ верхняя и нижняя ея части приходятся на фотосферу. Вслѣдствіе этого получается спектръ пятна между спектрами фотосферы сверху и снизу). Другія линіи, какъ линіи натрія D_1 и D_2, сильно расширены и обращены, т. е. посреди широкой темной линіи виднѣется

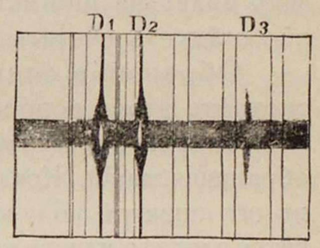


Рис. 33 Обращеніе линій *D* въ солнечныхъ пятнахъ.

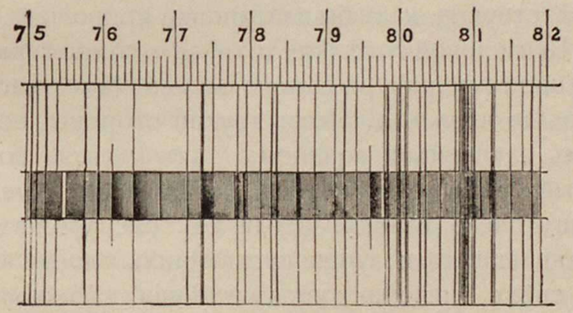


Рис. 34 Часть спектра солнечныхъ пятенъ между *C* и *D*.

узкая свѣтлая линія. Нѣкоторыя линіи между фраунгоферовыми *A* и *B* или *C* и *D* расширены въ полосы (ср. рис. 34), что указываетъ на существованіе въ газахъ пятенъ химическихъ соединеній. Принадлежація кальцію линіи *H* и *K*, которыя уже въ протуберанцахъ, хромосферѣ (см. ниже) и факелахъ обыкновенно являются вдвойнѣ обращенными, т. е. представляютъ двѣ свѣтлыя линіи на темномъ фонѣ, раздѣленныя темною полоскою, встрѣ-

чаются также и въ пятнахъ, но только просто раздвоенными. Вблизи этихъ линій (крайній фіолетовый цвѣтъ) спектръ очень слабъ. Когда пятна достигаютъ солнечнаго края, видъ полутѣни не согласуется съ предположеніемъ, что пятно есть углубленіе въ фотосферѣ, обусловленное поглощеніемъ лежащихъ тамъ холодныхъ (относительно) газовъ. И упомянутое выше обстоятельство, что излученіе солнечныхъ пятенъ на краю солнца почти такъ же сильно, какъ и посреди диска, равно какъ и самый видъ полутѣни многихъ пятенъ указываютъ на то, что ихъ скорѣе слѣдуетъ считать возвышеніями.

Обращеніе спектральныхъ линій. Для того, чтобы разсмотрѣть этотъ вопросъ, который представляетъ теперь величайшій интересъ, мы сначала разберемъ, что собственно означаютъ обращенія линій. Когда свѣтящійся газъ лежитъ тонкимъ слоемъ, въ его спектрѣ получается узкая свѣтлая линія. Если слой становится плотнѣе или толще, линія расширяется и весь фонъ начинаетъ свѣтиться слабымъ сплошнымъ свѣтомъ. Рѣзкость линій обыкновеннаго солнечнаго спектра показываетъ, что поглощающій слой, расположенный выше излучающаго слоя фотосферы, содержитъ относительно небольшія количества каждаго изъ поглощающихъ газовъ; излучающій же слой состоитъ изъ облакообразныхъ образованій въ жидкой или твердой формѣ (уголь, можетъ быть). Факелы или фотосферныя облака, свѣтящіяся много ярче газообразнаго фона, соотвѣтствуютъ какъ бы платиновой проволокѣ, раскаленной въ пламени Бунзеновой горѣлки; хотя ея температура ни въ коемъ случаѣ не выше температуры самого пламени (даже наоборотъ), она свѣтитъ гораздо ярче его. Но съ другой стороны, есть и различіе между этимъ случаемъ и солнцемъ, такъ какъ на солнцѣ излучающій газовый слой нужно считать безконечно мощнымъ, у пламени же онъ очень тонокъ. Если же расположить нѣсколько слабо поглощающихъ и лучеиспускающихъ слоевъ одинъ за другимъ, то свѣтъ источниковъ излученія, находящихся позади, будетъ проходить черезъ передніе слои, поглощающіе лишь немного. Если взять достаточное количество слоевъ, то общее излученіе всѣхъ ихъ будетъ приближаться къ излученію абсолютно чернаго тѣла. Это означаетъ, что платиновая проволока въ безконечно мощномъ пламени Бунзеновой горѣлки, не должна свѣтиться, но скорѣе, такъ какъ она не абсолютно черна, должна казаться темной на фонѣ пламени.

Эти соотношенія имѣютъ мѣсто, когда въ свѣтящемся газѣ господствуетъ вездѣ одна и та же температура. Въ этомъ слу-

чаѣ никогда не могутъ появиться темныя линіи, а только однѣ свѣтлыя, которыя будутъ тѣмъ шире, чѣмъ толще излучающій слой. Совершенно иное будетъ, когда между источникомъ свѣта и глазомъ наблюдателя находится болѣе холодный слой того же газа. Болѣе холодный газъ посылаетъ значительно меньше свѣта, чѣмъ теплый, такъ какъ излученіе „чернаго“ тѣла для данной длины волны съ повышеніемъ температуры увеличивается, по изслѣдованіямъ Пашена (Paschen) и другихъ, приблизительно, какъ показательная функція температуры. Напротивъ, способность поглощенія, поскольку пока извѣстно, съ температурою измѣняется сравнительно очень мало. Отсюда вытекаетъ, что относительно холодный и достаточно глубокій слой газа можетъ почти совершенно поглотить излученіе опредѣленной длины волны находящагося за нимъ болѣе нагрѣтаго газа или другого тѣла, не испуская самъ замѣтнаго количества свѣта. Простѣйшій случай представляетъ холодный газъ (ниже 500^0), который, согласно закону Дрэпера (Draper), совсѣмъ не излучаетъ свѣта, а только тепло, въ смыслѣ же поглощенія можетъ оказывать весьма сильное дѣйствіе (напримѣръ, пары іода или натрія). На солнцѣ одинъ надъ другимъ расположены слои газовъ, имѣющіе очень различныя температуры. Будетъ ли опредѣленный сортъ свѣта въ преобладающемъ количествѣ (сравнительно съ сосѣдними частями сплошного спектра) излучаться или поглощаться этимъ комплексомъ слоевъ газа, это зависитъ отъ распредѣленія температуръ и концентраціи, равно какъ и отъ коэффиціента поглощенія этого газа. Если послѣдній очень малъ, то впечатлѣніе свѣта все же получится. Этому будетъ соотвѣтствовать свѣтлый фонъ спектра. Это будетъ имѣть мѣсто вплоть до края расширенныхъ линій. На самомъ же краю расширенныхъ линій коэффиціентъ поглощенія больше; наружные, болѣе холодные слои пріобрѣтаютъ большее значеніе, и получается темная полоса поглощенія. При еще большихъ коэффиціентахъ поглощенія нижніе слои имѣютъ еще меньше значенія; и если излучающій газъ не простирается до самыхъ холодныхъ (относительно) слоевъ солнечной атмосферы, то дѣйствительно излучающій слой иногда будетъ имѣть, можно думать, приблизительно постоянную температуру: мы снова получимъ свѣтовое впечатлѣніе. Этотъ случай соотвѣтствуетъ обращеннымъ линіямъ, гдѣ на свѣтломъ фонѣ лежитъ темная полоса, въ серединѣ опять дающая мѣсто свѣтлой линіи. Это чередованіе можетъ продолжиться дальше, такъ что средняя свѣтлая линія опять раздѣлится на двое темной линіей. Но въ этомъ случаѣ

коэффиціентъ поглощенія долженъ быть колоссально великъ, такъ что даже ничтожныя количества этого вещества въ солнечной атмосферѣ будутъ играть роль. Что при этомъ не всегда необходимъ очень мощный слой, а скорѣе достаточно большого коэффиціента поглощенія и очень сильнаго паденія температуры, видно изъ того, что линіи спектра *Na* иногда являются „вдвойнѣ обращенными“ и въ пламени вольтовой дуги.

Природа пятенъ. Спектры пятенъ и окружающихъ ихъ факеловъ представляютъ примѣръ этихъ различныхъ явленій. Гелій, который встрѣчается повидимому только въ самыхъ внѣшнихъ слояхъ солнца, даетъ въ нихъ темную линію; водородъ, кальцій (линіи *H* и *K*) и натрій, распространяющіеся въ солнечной атмосферѣ до большихъ высотъ, но встрѣчающіеся также и въ болѣе глубокихъ слояхъ, очень часто даютъ обращенныя линіи; такія же линіи даетъ иногда и магній. Линіи желѣза и титана, какъ и болѣе слабыя линіи кальція, отвѣчающія меньшему поглощенію, бываютъ сильно расширены. Многія линіи обыкновеннаго солнечнаго спектра въ спектрѣ пятенъ очень сильно ослаблены и происходятъ, быть можетъ, отъ отраженнаго, такъ называемаго „ложнаго“, свѣта.

Всѣ эти обстоятельства указываютъ на то, что пятна производятся нисходящими теченіями газовъ во внѣшнихъ слояхъ солнца; при этомъ паденіи газы сильно нагрѣваются и разлагаютъ сильно свѣтящіяся фотосферныя облака, которыя образуютъ грануляцію. Точно такимъ же образомъ разлагаются въ нисходящихъ воздушныхъ теченіяхъ и облака нашей атмосферы (при барометрическихъ максимумахъ). Слѣдовательно, въ пятнахъ мы имѣемъ очень мощные, снаружи холодные, а внутри имѣющіе высокую температуру слои газовъ, встрѣчающихся кромѣ того въ хромосферѣ и такъ называемомъ обращающемъ слоѣ (см. ниже), т. е. внѣшнихъ частяхъ атмосферы солнца. Отсутствіе твердыхъ или жидкихъ излучающихъ тѣлъ является причиной малой интенсивности свѣтового излученія пятенъ. Такъ какъ излученіе внутреннихъ слоевъ газовъ поглощается значительно болѣе холодными внѣшними, то большинство тепловыхъ лучей доходитъ къ намъ изъ верхнихъ болѣе холодныхъ слоевъ этой массы газовъ. Это излученіе верхнихъ частей не такъ сильно ослабляется съ приближеніемъ къ солнечному краю, какъ излученіе лежащихъ ниже и болѣе теплыхъ фотосферныхъ облаковъ, свѣтъ которыхъ долженъ проходить у края солнца сквозь гораздо болѣе глубокій слой холодныхъ газовъ, чѣмъ посреди диска.

Разлагающіяся ослабленныя части фотосферы образуютъ полутѣнь; вслѣдствіе существованія направленнаго внизъ потока газовъ, на краю котораго онѣ находятся, она получаетъ лучистую структуру. Поэтому во многихъ случаяхъ полутѣнь лежитъ только немного глубже фотосферы, такъ какъ уже незначительное паденіе газовъ производитъ достаточно тепла для разложенія. Вокругъ пятенъ газы снова поднимаются вверхъ, происходятъ сильныя конденсаціи и образованія облаковъ, чѣмъ излученіе сильно повышается. Это характерно для факеловъ. Въ нихъ встрѣчаются двойныя обращенія линій съ наибольшими коэффиціентами поглощенія (линіи *H* и *K*).

Такимъ образомъ пятна являются извѣстнаго рода углубленіями или еще скорѣе ямами въ слоѣ облаковъ фотосферы. Рикко пытался опредѣлить глубину этихъ ямъ, мѣряя видимую ширину ихъ стѣнъ, т. е. полутѣни, и донныхъ частей, т. е. тѣни, у края и посреди солнца. На основаніи этихъ измѣреній онъ оцѣнилъ высоту стѣнъ въ одну шестую (въ среднемъ) ширины дна. Главное излученіе доходитъ къ намъ изъ верхнихъ слоевъ пятна, но отчасти мы получаемъ его также и изъ болѣе глубокихъ слоевъ, на что указываютъ полосы между *A* и *D* (см. ниже).

Иногда, но сравнительно рѣдко, въ линіяхъ спектра пятенъ замѣчаютъ искривленія, указывающія на относительныя движенія газовыхъ массъ. Эти искривленія, какъ и слѣдуетъ ожидать, чаще встрѣчаются у краевъ пятна, чѣмъ въ его срединѣ. При этомъ иногда нѣкоторыя линіи смѣщаются, тогда какъ другія, характерныя для другихъ веществъ, остаются на мѣстѣ. Это указываетъ на то, что движеніе охватываетъ не всѣ слои пятна, такъ какъ различныя вещества главной массой лежатъ на различныхъ глубинахъ.

При двойномъ обращеніи линій *H* и *K* въ факелахъ было замѣчено, что внутренняя темная линія смѣщена къ красному концу спектра. Это должно означать, что въ факелахъ самые верхніе слои газовъ также находятся въ нисходящемъ движеніи, какъ и газы пятенъ вообще, тогда какъ главная свѣтящаяся масса факеловъ находится въ восходящемъ движеніи. Въ виду этого опускающаяся внизъ масса газовъ должна имѣть въ разрѣзѣ форму воронки (рис. 35), что должно обусловливать сильное увеличеніе плотности книзу. Иногда вблизи пятенъ замѣчаются могучія изверженія газовъ, особенно водорода, вѣроятно, такого же рода, какъ и изверженія протуберанецъ. Подобное изверженіе массы

водорода въ 200000 км. длины и 30000 км. ширины на границѣ полутѣни описываетъ Йонгъ (Young).

Хромосфера и протуберанцы. Снаружи собственно свѣтящейся части солнца лежатъ огромныя массы газовъ, которыя, хотя и излучаютъ свѣтъ, но, благодаря своей ничтожной плотности и сравнительно низкой температурѣ, обыкновенно невидимы рядомъ съ чрезвычайно сильнымъ свѣтомъ фотосферы. Эти части впервые были замѣчены при солнечныхъ затменіяхъ. Непосредственно надъ фотосферою лежитъ относительно тонкій слой розоваго цвѣта, хромосфера, сразу вспыхивающая, когда луна закрываетъ наружный край фотосферы, и видимая только короткое время, пока луна не закроетъ также и ея. Изъ продолжительности періода видимости ея глубина была опредѣлена въ 10—12″ (по 720 км. секунда).

Изъ этого моря свѣта поднимаются такъ называемыя протуберанцы того же цвѣта, часто отдѣляющіяся отъ хромосферы и носящіяся въ видѣ облаковъ. Иногда эти образованія окрашены блѣднѣе, бѣлесоватѣе. Впервые о нихъ упоминаетъ шведскій учитель гимназіи Вассеніусъ (Vassenius, 1733), а большое вниманіе на нихъ стали обращать съ половины XIX вѣка. Снаружи ихъ лежитъ корона, сіяніе, алюминіево или жемчужно-бѣлаго цвѣта, лучистаго строенія, напоминающее сѣверное сіяніе, простирающееся очень далеко, на 2—3 солнечныхъ діаметра и больше, и тамъ постепенно ослабѣвающее. Корона была извѣстна уже въ древности. Замѣчательно, что повидимому и хромосфера была открыта раньше протуберанецъ (капитаномъ Стэнніаномъ, Stannyan, 1706).

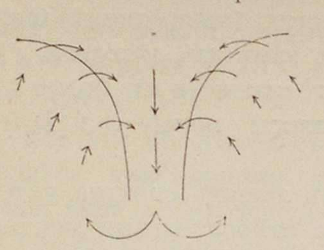


Рис. 35. Продольный разрѣзъ пятна съ факелами.

Сначала думали, что эти объекты принадлежатъ лунѣ; но позднѣе, особенно послѣ примѣненія фотографіи и спектроскопа къ изученію этихъ образованій, стало несомнѣннымъ, что они принадлежатъ солнцу.

Уже послѣ перваго солнечнаго затменія, при которомъ былъ примѣненъ спектроскопъ, Жанссанъ (Janssen) замѣтилъ по окончаніи затменія, что свѣтлыя линіи въ протуберанцахъ видны и безъ прикрытія солнечнаго диска. Того же результата достигъ

теоретическимъ путемъ Локіеръ [1]), а послѣ того стало несомнѣннымъ, что протуберанцы могутъ быть видимы и при широко открытой щели. При этомъ впервые былъ примѣненъ тотъ принципъ, которымъ воспользовались впослѣдствіе Гэль и Деландръ для изученія объектовъ на солнечномъ дискѣ. Этотъ принципъ основанъ, какъ мы видѣли выше, на томъ, что предметъ, испускающій свѣтъ нѣсколькихъ немногихъ сортовъ и невидимый вслѣдствіе сильнаго освѣщенія другими сортами свѣта, ясно выдѣляется, какъ только посторонній свѣтъ ослабляется. Проще всего это достигается сильнымъ спектральнымъ разложеніемъ лишняго свѣта и устраненіемъ его. Спектроскопомъ служатъ какъ сочетанія призмъ, такъ и оптическія рѣшетки. Дѣлались попытки примѣнить этотъ же методъ къ коронѣ, но хорошихъ результатовъ не достигли, такъ какъ свѣтъ короны даетъ главнымъ образомъ сплошной спектръ.

Первый удачный снимокъ протуберанцы съ широко открытою щелью спектроскопа принадлежитъ Гёггинсу. Обыкновенно для этого берутъ свѣтъ водородной линіи *C* или линій кальція *H* и *K*, послѣднія особенно также при фотографированіи факеловъ.

Спектроскопія солнца. Солнечныя линіи (табл. II, 8) даютъ намъ указаніе на то, какія вещества находятся въ солнечной атмосферѣ. Важнѣйшія солнечныя линіи соотвѣтствуютъ слѣдующимъ химическимъ элементамъ:

	C	656.3 $\mu\mu$	Водородъ
	D_1	589.6	Натрій
	D_2	589.0	Натрій
	E	527.0	Кальцій
b	b_1	518.4	Магній
b	b_2	517.3	Магній
b	b_3	516.9	Магній и желѣзо
	F	486.1	Водородъ
	G_1	434.0	Водородъ
	G	430.8	Желѣзо и кальцій
	h	410.2	Водородъ
	H	396.9	Кальцій
	K	393.4	Кальцій

Линіи *A* (759.4 $\mu\mu$), *a* (718.6 $\mu\mu$) и *B* (686.7 $\mu\mu$) принадле-

[1]) Теоретически эта возможность была указана еще нѣсколько раньше Гёггинсомъ.

жатъ земной атмосферѣ (ср. табл. II, 7). На солнцѣ въ свѣтѣ фотосферы были найдены всѣ земные элементы, за исключенiемъ металлоидовъ азота, хлора, брома, iода, фтора, сѣры, селена, теллура, фосфора, мышьяка и бора, аргона и другихъ новыхъ элементовъ воздуха, а также металловъ: сурьмы, висмута, золота, платины, иридiя, осмiя, таллiя, ртути и нѣсколькихъ рѣдкихъ металловъ.

До послѣдняго времени оставалось подъ сомнѣнiемъ, имѣются ли на солнцѣ углеродъ и кислородъ, играющiе столь важную роль на землѣ. Ихъ искали очень усердно и нѣсколько разъ думали, что ихъ присутствiе на солнцѣ можно считать доказаннымъ, но только въ новѣйшее время это, кажется, удалось установить съ большой увѣренностью, особенно относительно углерода. Нѣкоторые изслѣдователи думаютъ даже, что углеродъ играетъ важную роль въ облакахъ фотосферы.

Очень замѣчательно, что большинство металлоидовъ—къ нимъ можно причислить также висмутъ и сурьму—на солнцѣ не найдены. Не подлежитъ, однако, сомнѣнiю, что эти элементы, часто играющiе на землѣ очень важную роль, напримѣръ азотъ, хлоръ, фторъ и сѣра, имѣются также и на солнцѣ. Но эти вещества только съ трудомъ даютъ спектръ, если они не находятся подъ дѣйствiемъ электрическихъ разрядовъ, и въ высшей степени вѣроятно, что они имѣются въ раскаленномъ видѣ на солнцѣ, но испускаютъ лишь столь слабый свѣтъ, что ускользаютъ отъ насъ въ солнечномъ спектрѣ. Далѣе замѣчательно, что изъ металловъ, если не считать нѣсколькихъ, очень рѣдкихъ, которые вѣроятно имѣются на солнцѣ въ столь маломъ количествѣ, что ихъ нельзя замѣтить, отсутствуютъ только нѣкоторые — съ очень высокимъ атомнымъ вѣсомъ. Именно, изъ элементовъ съ атомнымъ вѣсомъ выше 180 отсутствуютъ всѣ, за исключенiемъ свинца и урана, между ними золото и группа металловъ платины съ высокимъ атомнымъ вѣсомъ, ртуть и таллiй. Между ними золото, платина и ртуть не такъ рѣдки, чтобы ихъ нельзя было тамъ, ожидать такъ какъ Роулэндъ (Rowland) доказалъ присутствiе на солнцѣ даже такихъ чрезвычайно рѣдкихъ элементовъ, какъ скандiй и германiй. Но дѣло въ томъ, что въ массѣ газовъ, составленной изъ различныхъ элементовъ, тяжелые, т. е. съ высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ, который для металловъ повидимому совпадаетъ съ атомнымъ вѣсомъ, должны концентрироваться книзу. Этако нцентрацiя должна быть выражена на солнцѣ чрезвычайно рѣзко, такъ какъ тяжесть дѣйствуетъ тамъ гораздо силь-

нѣе, чѣмъ на землѣ, а вертикальныя разстоянія въ сравненіи съ разстояніями на землѣ гигантскія. Поэтому надо предполагать, что самые тяжелые мѐталлы сконцентрированы въ глубочайшихъ слояхъ солнца. Съ другой стороны, самые легкіе элементы, дающіе спектры легко, какъ водородъ, гелій(литій), натрій, магній, кальцій, обнаруживаются въ большихъ количествахъ въ самыхъ верхнихъ слояхъ солнца.

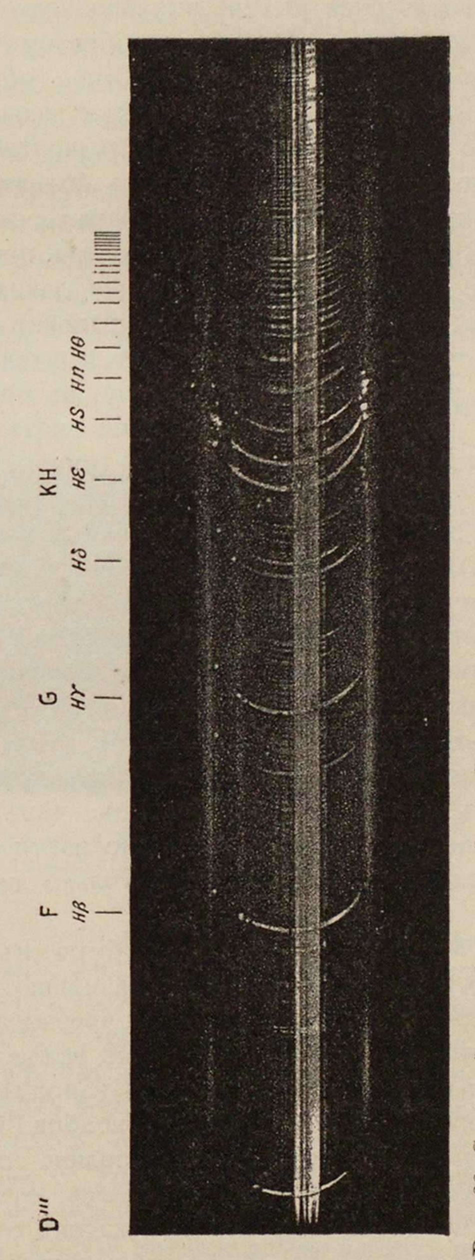


Рис. 36. Спектрофотографія хромосферы. Снимокъ при посредствѣ спектроска, безъ щели,—щелью являлась хромосфера въ видѣ полуокружности, когда самый дискъ солнца былъ закрытъ луною. *D''* есть линія гелія: Водородныя линіи отмѣчены особо вверху.

Именно эти элементы представлены сильнѣе всего и въ хромосферѣ. По фотографическому снимку, сдѣланному Эвершедомъ во время солнечнаго затменія 1898 г. (рис. 36) линіи хромосферы почти совершенно тожественны съ темными линіями солнца; только въ противоположность послѣднимъ онѣ свѣтлы. Самая хромосфера имѣетъ въ толщину 8″=5700 км.; наиболѣе глубокая есть часть образуетъ т. наз. обращающій слой толщиною около 1.5″=1100км.=1100 км.: въ немъ происходитъ главное поглощеніе Замѣчательно существованіе въ хромосферѣ линіи гелія, не являющейся въ спектрѣ солнца темной линіей. То же относится и къ корональной линіи (531.59 $\mu\mu$). Важнѣйшія линіи хромосферы принадлежатъ элементамъ: водороду, гелію, кальцію, стронцію, ба-

рію, желѣзу, магнію, натрію, марганцу, хрому, алюминію, никкелю (?) и титану. Своеобразнымъ представляется присутствіе стронція и особенно барія, хотя они относительно тяжелые элементы (атомные вѣса 87 и 137). Но это происходитъ несомнѣнно потому, что они даютъ спектры чрезвычайно легко (даже въ пламени Бунзеновой горѣлки). Такимъ же образомъ объясняется присутствіе въ протуберанцахъ кальція. Выше обращающаго слоя въ нормальныхъ случаяхъ встрѣчаются только водородъ, гелій, (короній) и кальцій. Металлы группы желѣза и встрѣчающійся вмѣстѣ съ ними титанъ также играютъ большую роль въ солнечной атмосферѣ. Они являются, кажется, самыми распространенными элементами, какъ показываетъ ихъ присутствіе въ метеоритахъ. Линіи металловъ натрія и магнія, дающихъ сильные спектры, бываютъ въ хромосферѣ иногда вдвойнѣ обращенными. Замѣчательно отсутствіе калія, который все-таки весьма распространенъ, хотя и не играетъ, повидимому, въ природѣ столь большой роли, какъ натрій; какъ щелочной металлъ, онъ даетъ сильный спектръ и при болѣе низкихъ температурахъ.

Спектръ протуберанецъ во многихъ случаяхъ, именно у такъ называемыхъ металлическихъ или эруптивныхъ (изверженныхъ) протуберанецъ, лишь немного отличается отъ спектра хромосферы. Протуберанцы этого рода всрѣчаются обыкновенно вблизи пятенъ и никогда не появляются на полюсахъ. Онѣ содержатъ помимо составныхъ частей обыкновенныхъ, такъ называемыхъ водородыхъ протуберанецъ, еще и пары весьма многихъ металловъ, какъ-то: натрія, магнія, кальція, барія, желѣза, титана, хрома и марганца. Эти металлическіе пары встрѣчаются собственно только въ основаніи протуберанецъ; чѣмъ выше брать части протуберанецъ, тѣмъ меньше можно найти линій металловъ, а на вершинахъ видны обыкновенно только линіи водорода, гелія, коронія и кальціевы линіи *H* и *K*.

Металлическія протуберанцы (рис. 38). Металлическія протуберанцы очень быстро измѣняютъ свои формы (ср. рис. 38 a—c),—это нужно отнести къ чрезвычайно быстрымъ движеніямъ; нѣкоторые считали возможнымъ вслѣдствіе этого отрицать реальность ихъ существованія. Такъ, напримѣръ, извѣстный астрофизикъ Таккини (Tacchini) видѣлъ 16 ноября 1892 г. протуберанцу, высота которой надъ поверхностью солнца въ $9^{ч}$ была 131.8″, въ $1^{ч}$ $35^{м}$ 534.3″. Въ $12^{ч}$ $35^{м}$ она отдѣлилась отъ солнечной поверхности; въ $1^{ч}$ ея нижній край былъ удаленъ отъ края солнца на 62.5″; въ $1^{ч}$ $19^{м}$ на 208″. Въ $1^{ч}$ $35^{м}$ небо покрылось облаками и проясни-

лось снова только въ $3^ч$ $49^м$. Протуберанцы больше не было вовсе. Если вспомнить, что 1" (секунда дуги) соотвѣтствуетъ протяженію въ 720 км., станетъ понятно, на какія огромныя разстоянія перемѣщалось въ короткое время вещество протуберанцы. Максимальная скорость по направленію вверхъ была въ $1^ч$ $32^м$ и достигала 248 км. въ сек. Таккини высказываетъ поэтому предположеніе, что все явленіе, можетъ быть, слѣдовало считать волной взрыва. Въ атмосферѣ солнца должны, по его мнѣнію, встрѣчаться взрывчатыя смѣси газовъ, внезапно вспыхивающія; область воспламененія, именно, и казалась протуберанцей. Въ противность нашему опыту съ земными взрывчатыми веществами, нужно было бы поэтому предположить, что температура вспышки этихъ смѣсей газовъ должна значительно превышать 1000° *C*. Названный взглядъ не выдерживаетъ критики еще и потому, что подобныя движенія въ направленіи линіи зрѣнія извѣстны по чрезвычайно рѣзкимъ искривленіямъ спектральныхъ линій. Нѣтъ никакого основанія предпо-

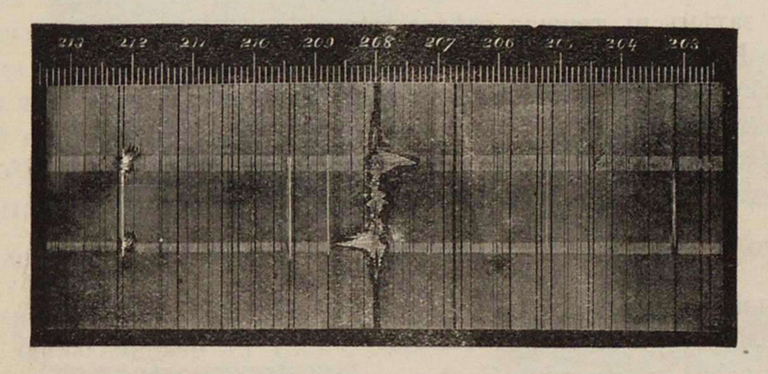


Рис. 37. Смѣщеніе линій (водородной F) въ протуберанцѣ, оба края которой обладали большимъ движеніемъ.

лагать, что распространеніе волны взрыва можетъ производить подобныя искривленія. Йонгъ, напримѣръ, наблюдалъ на горѣ Шерманъ (Sherman) 3 августа 1872 г. протуберанцу, края которой (ср. рис. 37) двигались со скоростями въ 370 и 410 км. въ сек., одинъ по направленію отъ земли, другой къ ней. Это движеніе было видно на линіяхъ водорода и кальціевыхъ *H* и *K*; напротивъ, принадлежавшія той же протуберанцѣ линіи магнія и натрія не обнаруживали никакого замѣтнаго движенія. Слѣдовательно, эти колоссальныя перемѣщенія массъ обнаруживались только въ самыхъ внѣшнихъ, самыхъ разрѣженныхъ частяхъ про-

туберанцы. Линіи барія и коронія совершенно не показывали никакого движенія. Барій встрѣчается въ еще болѣе плотныхъ частяхъ, чѣмъ магній и натрій, вѣроятно въ силу высокаго атомнаго вѣса (Ba = 137 противъ Na = 23 и Mg = 24). Короній, т. е. неизвѣстный элементъ, характерный для спектра короны, вѣроятно, принадлежалъ не протуберанцѣ, а лежащей внѣ ея коронѣ.

Для поясненія этого интереснаго вопроса можно привести нѣсколько другихъ примѣровъ одного изъ прилежнѣйшихъ изслѣдователей протуберанецъ, Фенія (Fényi) въ Калоксѣ (Kalocsa, Венгрія). 19 сентября 1893 г. онъ наблюдалъ протуберанцу, которая въ 2ч 21м имѣла высоту въ 368″, 7.3 минутами позже 497″, что отвѣчаетъ средней скорости въ 212 км. въ сек. Наибольшее движеніе ея по лучу зрѣнія доходило до 300 км. въ сек., слѣдовательно, было того же порядка, что и сначала. На слѣдующее утро въ 8ч 58м съ поверхности солнца взвилась протуберанца, 12 минутами позже достигшая высоты въ 486″, что отвѣчало средней скорости (перпендикулярно къ лучу зрѣнія) въ 488 км. въ сек.; затѣмъ въ теченіе слѣдующихъ 8 минутъ она поднялась до 691″. Наибольшее движеніе ея по лучу зрѣнія было 250 км. въ сторону отъ земли. Скорость наблюдавшейся тѣмъ же изслѣдователемъ протуберанцы 15 іюля 1895 г. была еще гораздо больше: скорость, измѣренная спектроскопически, составила 859 км. въ сек. Другая протуберанца 30 сентября 1895 г. имѣла видъ широкаго возвышенія въ 22 градуса протяженіемъ ($=\frac{1}{16}$ солнечной окружности) на восточномъ краю солнца. Позднѣе она внезапно поднялась на высоту 688″ (=500000 км.) съ максимальною скоростью 842 км. въ сек. Затѣмъ она быстро растаяла.

Нѣкоторые изслѣдователи смотрятъ на протуберанцы только какъ аномаліи въ преломленіи свѣта (Schlieen), возникающія вслѣдствіе своеобразнаго распредѣленія плотностей въ солнечной атмосферѣ. Этотъ взглядъ является слѣдствіемъ солнечной теоріи Шмидта. Но тогда для объясненія смѣщеній линіи протуберанецъ пришлось бы предположить, что внутри солнца, откуда отражается свѣтъ въ эти области, происходятъ могучія движенія массъ, соотвѣтствующія этимъ явленіямъ. Затрудненіе этимъ не только не устраняется, но даже увеличивается, ибо внутреннія массы въ милліоны разъ плотнѣе газовъ внѣшнихъ частей протуберанецъ, такъ что энергія, необходимая для движенія данной скорости, должна быть во много разъ больше внутри солнца, чѣмъ въ чрезвычайно тонкой

массѣ короны, близкой по плотности къ пустотѣ. Далѣе: внутреннее треніе, препятствующее всѣмъ движеніямъ, колоссально велико внутри солнца вслѣдствіе громадной температуры и плотности, такъ что подвижность газовъ внутри сравнивали (Йонгъ) съ текучестью меда или смолы. Напротивъ, въ разрѣженной матеріи короны треніе сравнительно ничтожно. Было бы также трудно понять, почему должны участвовать въ этихъ стремительныхъ дви-

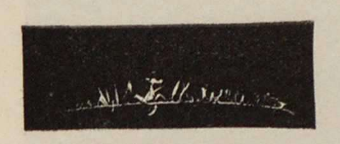


Рис. 38a. Протуберанца 25 Іюля 1872. 2ч 15м.

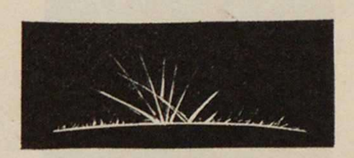


Рис. 38d. Лучеобразныя протуберанцы.

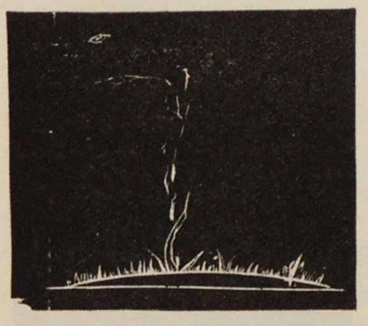


Рис. 38b. То же 2ч 45м.



Рис. 38e. Протуберанцы въ видѣ снопа.



Рис. 38c То же 3ч 30м.



Рис. 38f. Протуберанцы въ видѣ струй.

Рис. 38. Металлическія протуберанцы (по Йонгу). Масштабъ 1 см.=66 000 км.

женіяхъ только самыя наружныя части, если освѣщеніе идетъ изнутри, и почему протуберанцы только на своей границѣ съ хромосферой даютъ спектръ металлическихъ газовъ (кромѣ H и K). Отсюда вытекаетъ, что колоссальныя скорости протуберанецъ

необходимо считать реальными. Онѣ объясняются отчасти чрезвычайно малымъ давленіемъ въ наружныхъ частяхъ (соотвѣтствующими, быть можетъ, давленію 0.001 мм. ртутнаго столба), небольшимъ удѣльнымъ вѣсомъ изливающихся газовъ (главнымъ об-



Рис. 39a. Облакообразныя протуберанцы.

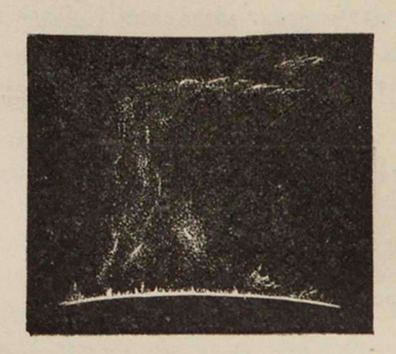


Рис. 39d. Размытыя протуберанцы.

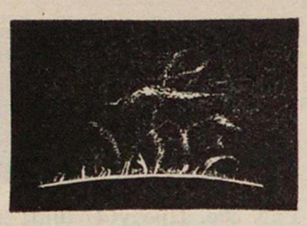


Рис. 39b. Волокнистыя протуберанцы



Рис. 39e. Протуберанцы въ видѣ деревьевъ.

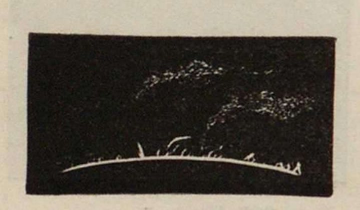


Рис. 39c. Перистыя протуберанцы..

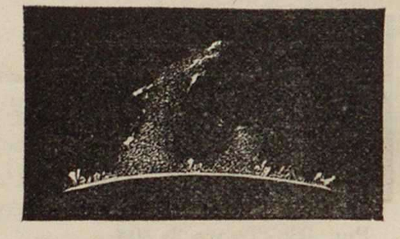


Рис. 39f. Протуберанцы въ видѣ роговъ.

Рис. 39. Спокойныя протуберанцы (по Йонгу). Масштабъ 1 см.=5000 км.

разомъ водорода и гелія), чрезвычайно ничтожнымъ треніемъ при истеченіи въ почти пустое пространство и высокой молекулярной энергіей (температурой) этихъ газовыхъ массъ. Конечно, на

землѣ мы подобныя условія не можемъ реализовать. Можно только указать, что скорости воздушныхъ теченій въ нашей атмосферѣ становятся тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше удалены послѣднія отъ поверхности земли.

Формы этихъ въ высшей степени интересныхъ явленій вполнѣ соотвѣтствуютъ колоссальнымъ движеніямъ ихъ массъ (ср. рис. 38). Иногда они походятъ на острые лучи, стремительно разлетающіеся въ разныя стороны; въ другихъ случаяхъ они походятъ на параболическія струи воды, направленныя наклонно кверху. Нерѣдко верхнія части закручиваются въ горизонтальные вихри, походящіе на завитки въ капители іонической колонны. Въ другихъ случаяхъ струи протуберанцы переплетены одна съ другой. Еще въ нѣкоторыхъ случаяхъ протуберанцы образуютъ могучіе снопы пламени.

Спокойныя протуберанцы. Спокойныя протуберанцы (см. рис. 39) встрѣчаются во всѣхъ мѣстахъ солнечной поверхности. Онѣ могутъ подыматься такъ же высоко, какъ и описанныя выше; но относительно онѣ болѣе устойчивы, такъ что иногда онѣ существуютъ въ теченіе цѣлаго оборота солнца; это можно наблюдать вблизи солнечныхъ полюсовъ. По большей части они походятъ на облака, плавающія въ солнечной атмосферѣ, или на массы дыма изъ трубы, такъ какъ, узкія въ основаніи, онѣ вверху расширяются. Иногда основаніе бываетъ шире, такъ что ихъ можно назвать рогообразными. Онѣ состоятъ главнымъо бразомъ изъ водорода и гелія и даютъ также линіи *H* и *K*. Иногда видны слѣды натрія и магнія даже и въ болѣе высокихъ частяхъ этихъ облаковъ.

Въ среднемъ протуберанцы имѣютъ высоту около 50″, двѣ трети ихъ достигаютъ 40″, одна четверть 60″. Нѣкоторыя достигаютъ, какъ показываютъ вышеупомянутые примѣры, колоссальной высоты. Такъ Ланглей наблюдалъ (7 Окт. 1880) протуберанцу не менѣе 780″ въ высоту. т. е. почти въ половину солнечнаго поперечника. Высота самыхъ высокихъ протуберанецъ нѣсколько измѣняется со временемъ и имѣетъ тотъ же періодъ, что и солнечныя пятна. Такъ, напримѣръ, максимальная высота этихъ образованій равняла, сьсогласно Фенію, въ годы:

1886	212″	1891	358″	1896	406″
1887	165″	1892	531″	1897	196″
1888	158″	1893	691″	1898	197″.
1889	203″	1894	661″		
1890	323″	1895	688″		

Въ 1893 г. былъ максимумъ солнечныхъ пятенъ, въ 1888 минимумъ. Вслѣдствіе этого и средняя высота протуберанецъ также, въ богатые солнечными пятнами годы бываетъ больше, чѣмъ обыкновенно. Такъ по Фенію она равнялась въ 1893 г. 70″. Возвышенія надъ солнечною поверхностью въ 15″ — 20″ не причисляются къ протуберанцамъ. Эти меньшія изверженія газовъ встрѣчаются въ такомъ количествѣ, что нѣкоторые изслѣдователи сравнивали солнечную поверхность съ газонной лужайкой, гдѣ стебелькамъ травы отвѣчаютъ струи газовъ. Эти сами по себѣ могучія изверженія (они могутъ достигать высоты 14000 км.) образуютъ характерную главную часть хромосферы. Нѣкоторымъ наблюдателямъ казалось, что энергичная дѣятельность по образованію протуберанецъ развивается также и діаметрально противъ крупныхъ

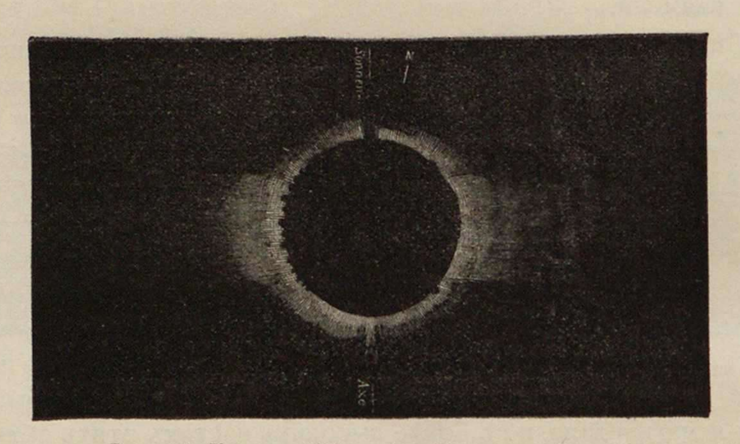


Рис. 40. Корона 1876 г. (по Грошу, Grosch)

протуберанецъ. Это указывало бы, что силы, образующія протуберанцы, дѣйствуютъ діаметрально черезъ все солнце, что во всякомъ случаѣ очень невѣроятно. Напротивъ, составъ протуберанецъ, повидимому, говоритъ за то, что встрѣчающіяся въ нихъ вещества берутся только изъ высшихъ слоевъ фотосферы.

Корона. Какъ было уже указано, изъ солнца выходятъ во всѣ стороны своеобразные лучи свѣта, образующіе корону. Вблизи солнечнаго края эти лучи имѣютъ значительную яркость, хотя и не такую большую, какъ окрашенныя въ красный цвѣтъ протуберанцы, которыя просвѣчиваютъ сквозь корону. Эта внутренняя, ярко сіяющая часть короны образуетъ кольцо толщиною въ 3′—4′, сравнительно рѣзко отграниченное къ наружной, болѣе слабой части. Поэтому различаютъ внутреннюю и наружную

корону. Послѣдняя часто простирается очень далеко, особенно въ экваторіальной области. Иногда свѣтовыя истеченія наружной короны достигаютъ длины трехъ или четырехъ поперечниковъ солнца. Общее количество свѣта короны было измѣрено и оказалось приблизительно равнымъ количеству свѣта $3^1/_2$ амилацетатовыхъ лампъ на разстояніи 1 м. (1893). Вѣроятно оно довольно различно въ разные годы. Локіеръ высказалъ мнѣніе, что свѣтъ короны при минимумахъ солнечныхъ пятенъ значительно сильнѣе,

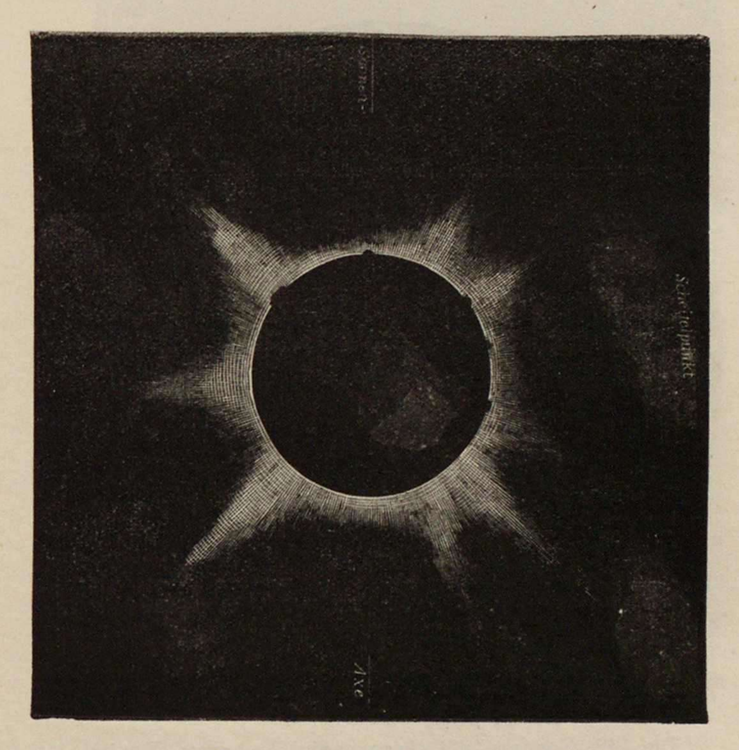


Рис. 41. Корона 1871 (по Фёнандеру, Foenander).

чѣмъ при максимумахъ. Другіе наблюдатели не раздѣляютъ его мнѣнія. Такъ, напримѣръ, согласно большинству наблюдателей, въ 1878 г. (рис. 43) корона была много слабѣе, чѣмъ въ 1869 г. 1878 былъ годъ минимума, 1869 почти максимума солнечныхъ пятенъ. Часто на полюсахъ и на экваторѣ излученіе слабѣе, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ солнца, такъ что корона получаетъ четыреугольную форму (ср. рис. 43, 44, 45); особенно это бываетъ въ годы, богатые солнечными пятнами. Обыкновенно въ коронѣ встрѣчаются прорывы, доходящіе до края солнца. Это не могутъ быть

какія-нибудь тѣни, потому что они часто бываютъ нѣсколько искривлены. Внутренняя корона на полюсахъ значительно, а на экваторѣ немного тоньше, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ солнца. И наружная корона обыкновенно бываетъ слабѣе на полюсахъ, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ. Она простирается наружу очень далеко. Раньше ее не умѣли фотографировать, а только зарисовывали. Эти рисунки, которые, судя по всему, заключаютъ въ себѣ очень много субъективнаго, въ годы небольшого числа солнечныхъ пя-

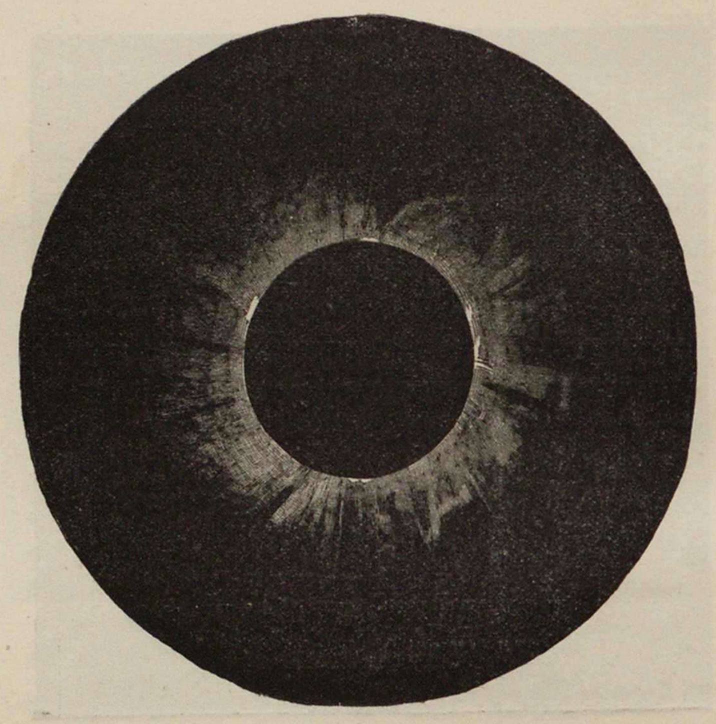


Рис. 42. Корона 1871 (фотографія Дэвиса, Davis).

тенъ указываютъ на очень большое протяженіе лучей короны вблизи экватора (1867, рис. 40). Въ годы со среднимъ числомъ пятенъ лучи не лежатъ прямо на экваторѣ, но болѣе отвѣчаютъ четыреугольной формѣ (1887, рис. 43). Недавно (22 Января 1898) Маундеру (Maunder) удалось сфотографировать такую корону (рис. 45), причемъ одинъ изъ лучей достигъ длины почти 6 солнечныхъ поперечниковъ. Два луча, лежавшіе на противоположной сторонѣ, были длиною около 4 солнечныхъ діаметровъ и лежали приблизительно на 24° къ сѣверу и къ югу отъ экватора. Четвертый

лучъ, длиною въ 3 солнечныхъ поперечника, отстоялъ приблизительно настолько же отъ сѣвернаго полюса солнца. Во время максимумовъ солнечныхъ пятенъ истеченія въ коронѣ кажутся распредѣленными болѣе равномѣрно, какъ показываютъ рисунки Секки и фотографіи солнечнаго затменія 1871 (рис. 41 и 42). По Пикерингу лучистая структура короны не была замѣтна на та-

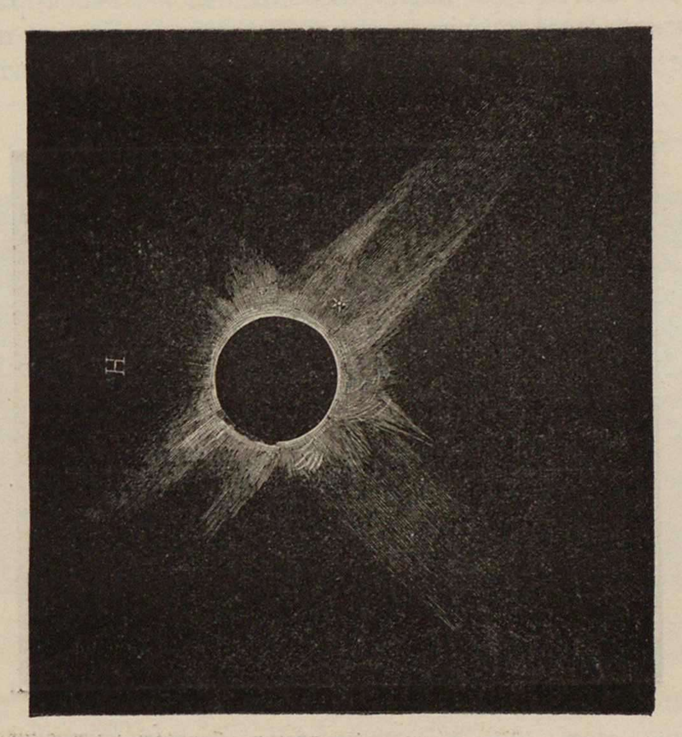


Рис. 43. Корона 1878 (сочетаніе различныхъ рисунковъ).

комъ протяженіи въ годъ максимума пятенъ 1893, какъ въ годы минимумовъ 1878 и 1889. [1])

Спектръ короны. Спектръ короны имѣетъ очень много особенностей. Самыя внѣшнія части короны даютъ сплошной свѣтъ съ солнечными линіями поглощенія (особенно *D*, *b* и *F*), слѣдовательно, состоятъ изъ отражающихъ твердыхъ (или жид-

[1]) Очень интересное сопоставленіе формъ солнечной короны по рисункамъ и фотографіямъ въ связи съ количествомъ солнечныхъ пятенъ, было сдѣлано А. Ганскимъ въ Извѣстіяхъ Имп. Акад. Наукъ въ Спб. за 1897. Основываясь на этомъ сопоставленіи, г. Ганскій указалъ, какой видъ должна имѣть корона въ 1900 году, и указанная форма оказалась, въ самомъ дѣлѣ, очень близкой къ наблюдавшейся въ дѣйствительности.

кихъ) частицъ; это согласуется и съ тѣмъ, что свѣтъ короны отчасти поляризованъ. Внутреннія части части короны даютъ, кромѣ того, линіи газовъ, между которыми наиболѣе интересна извѣстная „корональная" линія ($\lambda = 531.59\ \mu\mu$). Сначала эту линію приписывали желѣзу, такъ какъ очень близко находится одна линія желѣза ($531.6\ \mu\mu$). Казалось, однако, страннымъ, что газы желѣза встрѣчаются такъ высоко въ солнечной атмосферѣ. И болѣе близкое изслѣдованіе показало, что эта линія не принадлежитъ ни одному извѣстному земному веществу. Правда, въ по-

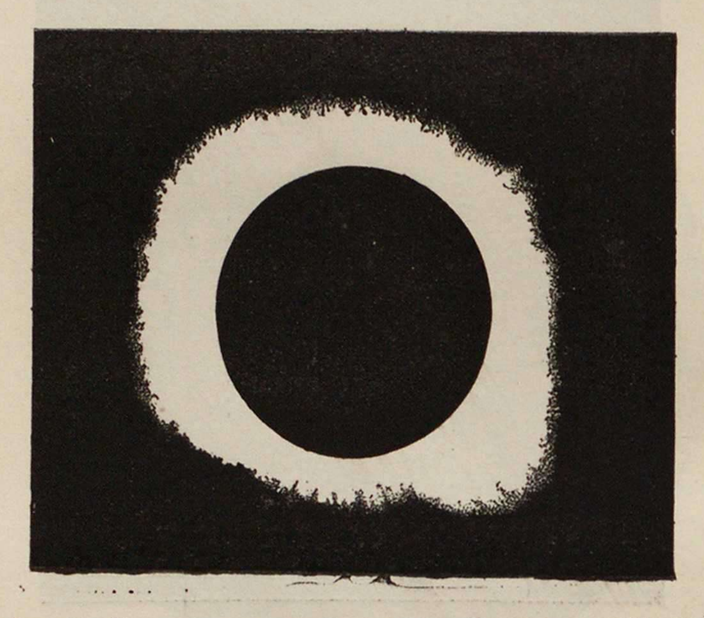


Рис. 44. Солнечная корона (главнымъ образомъ внутренняя) 1898 по фотографіи.

слѣднее время Назини (Nasini), Андерлини (Anderlini) и Сальватори (Salvatori) указали, что встрѣтили эту линію въ спектрѣ газовъ, истекающихъ изъ сольфатаръ возлѣ Пуццуоли (Puzzuoli); заявленіе это не подтверждалось впослѣдствіи. Излучающее этотъ свѣтъ вещество вѣроятно много легче водорода, такъ какъ оно встрѣчается въ болѣе высокихъ слояхъ (до 20′ отъ края солнца), чѣмъ онъ (водородъ достигаетъ высоты только около 10′). Оба эти газа равномѣрно распредѣлены во внутренней коронѣ, такъ какъ они свѣтятся такъ же ярко и тамъ, гдѣ встрѣчаются прорывы въ свѣтлыхъ истеченіяхъ. Вблизи самой хромосферы водородныя линіи значительно ярче корональной.

Корональная линія, которую приписываютъ гипотетическому веществу, коронію, въ спектрѣ солнца является темной линіей, занесенной на шкалѣ Кирхгофова спектра у штриха 1474, почему она часто обозначается 1474 *K*. Въ свѣтѣ хромосферы она видна, смотря по обстоятельствамъ, въ видѣ темной или свѣтлой линіи. Эту линію наблюдалъ Локіеръ темной въ спектрѣ хромосферы даже нѣсколькими недѣлями раньше того, какъ она была открыта въ самой коронѣ (1869). Въ этомъ отношеніи короній отличается отъ гелія, который (въ плотномъ слоѣ) даетъ темную линію въ солнечныхъ пятнахъ, а иначе встрѣчается только въ видѣ свѣтлой линіи въ свѣтѣ хромосферы и протуберанецъ.

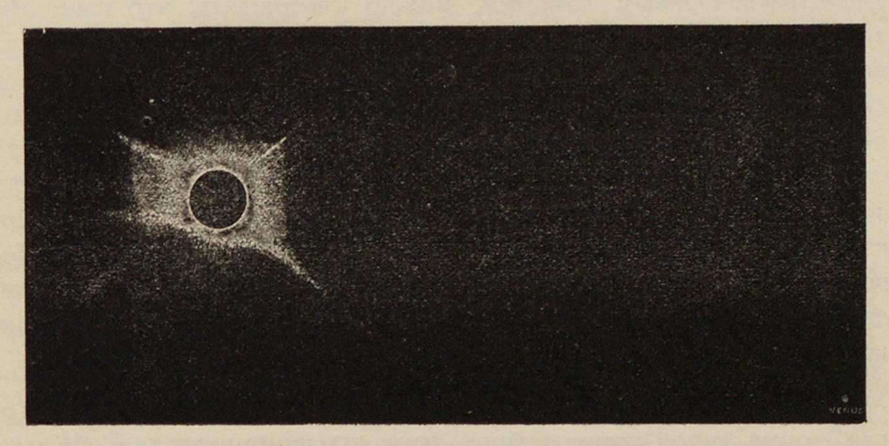


Рис. 45. Солнечная корона (внѣшняя) 1898 по фотографіи Маундера.

Сверхъ этихъ линій коронія и водорода въ зеленовато-желтой части спектра короны встрѣчаются иногда еще другія линіи, которыя Йонгъ обозначилъ сомнительными; еще одна линія $\lambda = 398.7$ въ фіолетовомъ цвѣтѣ встрѣчается такъ нормально, что она была предложена для фотографированія короны и наблюденія ея движеній. Въ бѣдные солнечными пятнами годы корональная линія выступаетъ очень слабо; такъ, напримѣръ, въ 1878 г. многіе наблюдатели ея не видѣли. Въ спектрѣ лучей короны Таккини нашелъ линіи, которыя онъ приписалъ углероду.

Природа короны. Въ прежнія времена наблюдатели часто думали, что имъ удавалось замѣтить измѣненіе короны, т. е. движеніе перпендикулярно къ линіи зрѣнія за короткое время (затменія). Эти наблюденія не были подтверждены фотографическими снимками; на нихъ корона производитъ впечатлѣніе спокойной. Правда, Деландръ въ 1893 заключилъ изъ смѣщенія

спектральныхъ линій по обѣимъ сторонамъ короны, что она вращается вмѣстѣ съ солнцемъ (со скоростями до 7 км. въ сек.).

Къ сожалѣнію, корону можно наблюдать только при полныхъ солнечныхъ затменіяхъ. Послѣднія бываютъ приблизительно только разъ въ два года, и облака часто мѣшаютъ наблюденію (какъ въ 1896 г. на большинствѣ станцій). Поэтому не удивительно, что во многихъ случаяхъ мы находимъ совершенно противорѣчащія одна другой данныя относительно вида короны, особенно относительно таинственнаго сіянія внѣшней короны, которая только въ 1898 г. была сфотографирована во всемъ ея объемѣ Маундеромъ. Однако, кажется, можно утверждать, что наиболѣе длинные лучи являются по преимуществу въ тѣхъ областяхъ, гдѣ встрѣчаются пятна. Въ новѣйшее время, особенно въ затменіе 1896 г. (Норденмаркъ, Nordenmark, и Баклундъ), наибольшее протяженіе короны было отмѣчено надъ тѣми мѣстами, гдѣ на краю солнца имѣлись большія протуберанцы. На прежнихъ фотографіяхъ и рисункахъ также часто видно, что наиболѣе мощные лучи короны приходятся надъ мѣстами, богатыми протуберанцами. Но въ 1898 по Эвершеду нельзя было найти никакой связи между короной и хромосферой или протуберанцами, равно какъ и въ 1900 г.

Часто, особенно на полюсахъ солнца, нѣсколько искривленная форма лучей короны (рис. 40 и 42) напоминаетъ нѣсколько форму магнитныхъ силовыхъ линій. Отсюда, а особенно еще изъ того, что солнце оказываетъ очень сильное вліяніе на магнитное состояніе земли, заключили, что солнце есть колоссальный магнитъ, который оріентируетъ (электрическія) теченія въ магнитномъ полѣ по силовымъ линіямъ совершенно такъ, какъ силовыя линіи земного магнитнаго поля направляютъ лучи сѣвернаго сіянія. Сравненіе позднѣйшихъ фотографическихъ снимковъ короны съ изображеніями линій магнитнаго поля отъ двухъ полюсовъ, повидимому, не благопріятно для этого мнѣнія. Кромѣ того земныя магнитныя вещества теряютъ свои магнитныя свойства при болѣе высокихъ температурахъ (желѣзо, никкель и кобальтъ при накаливаніи до бѣла). Какимъ же образомъ могутъ сохраниться магнитныя свойства при гораздо болѣе высокой температурѣ солнца? Вѣдь магнитизмъ связанъ съ опредѣленнымъ положеніемъ молекулъ; чѣмъ выше поднимается температура, тѣмъ труднѣе молекуламъ сохранить это опредѣленное положеніе при ихъ колоссально возростающихъ движеніяхъ.

Часто изслѣдователи солнца высказывали мнѣніе, что корона очень напоминаетъ кометные хвосты и сѣверное сіяніе. Главное, радіальное направленіе лучей короны указываетъ, какъ и у кометныхъ хвостовъ, на отталкивательное дѣйствіе солнца, что подало поводъ къ очень многимъ предположеніямъ. За неимѣніемъ другихъ извѣстныхъ силъ, думали объ электрическомъ отталкиваніи, имѣющемъ мѣсто между частицами пыли въ лучахъ короны и солнцемъ, которыя должны быть заряжены поэтому одинаковымъ родомъ электричества.

Нѣтъ, впрочемъ, и необходимости принимать этотъ взглядъ. Изъ теоріи электричества Максуэлля (Maxwell) слѣдуетъ,--и Лебедевъ доказалъ это недавно опытомъ,—что излученіе должно дѣйствовать, какъ давленіе, пропорціональное интенсивности излученія. Послѣднее много больше (въ 46518 разъ) вблизи солнца (на поверхности), чѣмъ на землѣ. Слѣдовательно, весьма возможно, что солнечное излученіе и проявляетъ тутъ свое отталкивательное свойство. Дѣйствительно, легко найти, что шаровидная капля, отражающая всѣ падающіе на нее лучи и обладающая плотностью воды, носилась бы надъ солнцемъ вслѣдствіе равновѣсія отталкиванія свѣтомъ и тяжести, если бы ея діаметръ составлялъ 1.5 μ. Для другого удѣльнаго вѣса соотвѣтственный діаметръ, какъ легко видѣть, обратно пропорціоналенъ ему, такъ, напримѣръ, для удѣльнаго вѣса 2.5 (обыкновенныя горныя породы) онъ будетъ 600 $\mu\mu$ и для капли удѣльнаго вѣса 6.88 (желѣзо) 220 $\mu\mu$.

Эти простыя соотношенія измѣняются, благодаря диффракціи свѣта, и Шварцшильдъ (Schwazschild) вычислилъ. что отношеніе давленія, производимаго лучами, къ тяжести капельки достигаютъ максимума, когда окружность капельки равна длинѣ волны даннаго излученія. При сложномъ свѣтѣ въ разсчетъ надо принимать нѣкоторую среднюю величину его. Еслибы свѣтъ солнца былъ простой (монохроматическій), то максимумъ давленія, производимаго излученіемъ, для тѣла удѣльнаго вѣса 1 былъ бы въ 18 разъ больше солнечнаго притяженія. Въ виду же сложности солнечнаго свѣта, состоящаго изъ лучей весьма различной преломляемости, этотъ максимумъ опускается до 10. Для тѣла совершенно чернаго онъ падаетъ до 5.

Во всякомъ случаѣ для каждаго вещества (за исключеніемъ самыхъ тяжелыхъ) существуетъ опредѣленная величина капель, при которой давленіе излученія точно уравновѣшиваетъ притяженіе солнца. Капельки съ бо̀льшимъ діаметромъ падаютъ обратно на солнце, капельки же меньшаго діаметра отталкиваются,

напротивъ, въ безконечность, до извѣстнаго, однако, предѣла: по вычисленію Шварцщильда капельки съ діаметрами ниже извѣстной, очень маленькой величины также должны падать на солнце.

Это отталкиваніе происходитъ пропорціонально силѣ свѣта; значитъ, если пренебречь ослабленіемъ излученія свѣта, которое производятъ частички, носящіяся въ пространствѣ, то оно будетъ происходить по тому же закону, что и дѣйствіе тяжести, —обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Иными словами, тѣла, находящіяся вблизи солнца, какъ бы теряютъ часть своей массы, и именно сферическое тѣло удѣльнаго вѣса 1 и не слишкомъ ничтожныхъ размѣровъ теряетъ столько массы, сколько ея имѣется въ слоѣ около 125 $\mu\mu$ толщиною. Слѣдовательно, земля вслѣдствіе солнечнаго лучеиспусканія теряетъ въ притяженіи столько же, сколько она потеряла бы, еслибы имѣла радіусъ приблизительно на $125 : 5.5 = 22.5$ $\mu\mu$ меньшій; разумѣется, это абсолютно незамѣтно. Наоборотъ, для очень маленькихъ частичекъ отталкиваніе получаетъ перевѣсъ, такъ что ихъ можно считать тѣлами съ отрицательной массой.

Давленіе и плотность на солнцѣ. О чрезвычайной ничтожности массы короны можно судить по тому, что кометы проходили нѣсколько разъ черезъ глубокія части внутренней короны, не испытывая никакого сколько-нибудь замѣтнаго препятствія. Такъ—чтобы привести примѣръ—большая комета 1843 г. прошла отъ солнца на разстояніи всего 3—4 минутъ дуги, слѣдовательно, она прошла сквозь болѣе плотные слои короны, не потерпѣвъ, однако, ни малѣйшаго возмущенія. Можно привести для сравненія здѣсь то, что падающія звѣзды, вступающія въ земную атмосферу со скоростью 40—60 км., совершенно теряютъ свое движеніе уже на высотѣ около 100 км. надъ землею, превращаясь при этомъ въ газы и пыль. Такъ какъ на этой высотѣ давленіе составляетъ около 0.01 мм., то давленіе на высотѣ 3—4 минутъ дуги надъ солнцемъ не должно было бы превышать въ крайнемъ случаѣ одной тысячной миллиметра. Есть вѣскія основанія предполагать, что въ основаніи короны давленіе составляетъ—самое большее—около 1 мм. ртутнаго столба (см. ниже). По оцѣнкѣ Фроста (въ случаѣ такъ называемаго адіабатическаго равновѣсія) давленіе на солнцѣ понижается на половину при поднятіи въ высоту на 104 км. Это соотвѣтствуетъ уменьшенію давленія въ отношеніи $1 : 128$ на каждую секунду ($= 720$ км.), а на одну минуту $1 : 10^{126}$, очевидно, непостижимо ничтожное число. Поэтому слѣдовало бы скорѣе удивляться тому, что

вещество короны можетъ быть настолько плотно, чтобы давать замѣтный свѣтъ на разстояніи еще 10—20′ отъ солнца. Это можно понимать только такимъ образомъ, что на поверхности солнца существуютъ сильныя восходящія теченія газовъ. Это согласуется и съ тѣмъ, что въ періоды затишья солнца (безъ пятенъ) короній не обнаруживаетъ своего присутствія (напримѣръ въ 1878). При этомъ разсчетѣ не принимаются во вниманіе твердыя дымообразныя частички. Послѣднія вслѣдствіе солнечнаго лучеиспусканія отчасти обладаютъ отрицательнымъ вѣсомъ и, слѣдовательно, могутъ служить для вынесенія газовъ. Вслѣдствіе интенсивнаго освѣщенія эти частицы пыли могутъ обнаруживать свое присутствіе и тогда, когда ихъ очень немного, напримѣръ одна частица пыли на кубическій километръ (Ньюкомъ, Newcomb). Поэтому весьма возможно, конечно, что небесныя тѣла, проходящія черезъ корону, не обнаруживаютъ никакихъ слѣдовъ возмущеній, несмотря на то, что корона отбрасываетъ сравнительно сильный свѣтъ.

Вслѣдствіе значительныхъ движеній частей хромосферы мы имѣемъ всѣ основанія предполагать не слишкомъ высокое давленіе въ этомъ газовомъ слоѣ; лордъ Кельвинъ (Kelvin) оцѣниваетъ его приблизительно равнымъ давленію столба ртути въ 1 мм., что, вѣроятно, слишкомъ высоко.

Давленіе въ самой нижней части хромосферы, т. е. въ обращающемъ слоѣ Джуэлль опредѣлилъ изъ смѣщенія спектральныхъ линій и нашелъ при этомъ величины въ среднемъ около 5 атмосферъ (ср. выше стр. 32). Вслѣдствіе увеличенія плотности давленіе въ этихъ частяхъ солнечной атмосферы вначалѣ возростаетъ много быстрѣе, чѣмъ въ слояхъ, лежащихъ выше. Повышеніе температуры и уменьшеніе тяготѣнія съ приближеніемъ къ центру (вслѣдствіе того, что внѣшніе слои не дѣйствуютъ на лежащія внутри нихъ точки), а равно и уклоненіе газовъ отъ закона Бойля (Boyle) при высокихъ давленіяхъ препятствуютъ увеличенію давленія въ экспоненціальной функціи отъ разстоянія [1]), какъ въ высшихъ частяхъ. Лордъ Кельвинъ вычисляетъ давленіе въ центрѣ въ 40×10^9, Экгольмъ (Ekholm) въ 14×10^9 атмосферъ. Слѣдовательно, мы можемъ сказать, что давленіе въ центрѣ солнца достигаетъ, вѣроятно, 10^{10} атмосферъ.

При такомъ высокомъ давленіи плотность должна быть сравнительно велика, хотя состояніе остается газообразнымъ. Въ

[1]) т. е. по закону, выражаемому формулой a^x, гдѣ a есть постоянная величина, а x разстояніе.

обращающемъ слоѣ господствуетъ давленіе около 5 атмосферъ. Если принять среднiй молекулярный вѣсъ газовъ въ этомъ слоѣ равнымъ атомному вѣсу желѣза, что легко можетъ имѣть мѣсто въ виду преобладающей роли этого металла, то плотность достигаетъ тамъ при температурѣ (см. ниже) около 7000° С. приблизительно только одной двухтысячной плотности воды, тогда какъ въ среднемъ она составляетъ для солнца 1.4. Вслѣдствіе концентраціи болѣе тяжелыхъ составныхъ частей къ центру солнца, плотность должна нѣсколько увеличиваться съ глубиною, но едва ли можетъ достигать въ центрѣ величины 10. Величина 30.9, указываемая лордомъ Кельвиномъ, должно быть, слишкомъ высока, такъ какъ при своемъ вычисленіи онъ принималъ законъ Бойля правильнымъ.

Вращеніе солнца. Какъ уже было упомянуто выше, пятна движутся по солнечному диску съ востока на западъ. Уже издавна предполагали, что это происходитъ отъ дѣйствительнаго вращенія всего солнца, такъ какъ движеніе происходитъ очень равномѣрно. Уже Шейнеръ вычислилъ по этому явленію сидерическое время вращенія солнца приблизительно въ 25 дней, откуда синодическое время оборота получается около 27 дней. Различныя пятна движутся не одинаково быстро и притомъ нѣсколько смѣщаются вдоль меридіана, такъ что нужно брать середину изъ очень большого числа наблюденій, чтобы получить надежный результатъ. Изъ наблюденій Каррингтона и Шпёрера (Spörer) надъ движеніями пятенъ среднее время вращенія солнца опредѣляется въ 25.3 дней.

Каррингтонъ, который изслѣдовалъ это движеніе пятенъ, конечно, подробнѣе, чѣмъ кто-либо изъ его предшественниковъ, открылъ своеобразное явленіе, что угловая скорость пятенъ тѣмъ больше, чѣмъ болѣе удалены они отъ полюса. Вблизи экватора „сидерическое“ время вращенія солнца равно 25 днямъ, на 20° отъ экватора оно достигаетъ 25.75 дней, на 30° отъ него 26.5 дней и на 45° отъ него 27.5 дней. Пятна появляются преимущественно въ солнечныхъ широтахъ отъ 10° до 35°, слѣдовательно, изъ ихъ движеній нельзя сдѣлать достовѣрныхъ заключеній относительно скорости вращенія на другихъ разстояніяхъ отъ экватора. Каррингтонъ предложилъ формулу:

$$X = 865' - 165' \sin^{7/4} B,$$

гдѣ X означаетъ длину дуги въ минутахъ, которую описываетъ въ однѣ сутки пятно на широтѣ B градусовъ отъ солнечнаго экватора. Для $B = 0$, т. е. для солнечнаго экватора, получается ве-

личина $X = 865' = 14.41^0$, т. е. время вращенія солнца (сидерическое) будетъ равно въ этомъ случаѣ $360^0 : 14.41^0 = 24.98$ или, круглымъ счетомъ, 25 днямъ. Наблюденія Каррингтона впослѣдствіи были прекрасно подтверждены Шпёреромъ, Йонгомъ, Таккини и друг.

Для того, чтобы узнать время вращенія солнца въ другихъ широтахъ, Дунéръ опредѣлилъ движеніе фотосферы (собственно обращающаго слоя, который лежитъ непосредственно надъ фотосферой) по лучу зрѣнія, на основаніи принципа Допплера, изъ смѣщенія спектральныхъ линій на обоихъ краяхъ солнца. Онъ получилъ слѣдующія суточныя дуги ξ или сидерическія времена оборота U въ широтахъ φ.

φ	ξ	U	φ	ξ	U
0.4^0	14.14^0	$25.46^д$	45^0	11.99^0	$30.03^д$
15.0	13.66	26.35	60	10.62	33.90
30.0	13.06	27.57	74.8	9.34	38.55.

Эти числа подтверждаютъ результатъ, полученный изъ наблюденій надъ пятнами, что на солнечномъ экваторѣ время вращенія короче всего и что оно тѣмъ длиннѣе, чѣмъ ближе къ полюсу.

Наконецъ, русскій астрофизикъ Стратоновъ воспользовался для опредѣленія скорости вращенія солнца видимымъ движеніемъ факеловъ. Онъ нашелъ слѣдующія числа:

φ	ξ	U	φ	ξ	U
(5^0) 0—9^0	14.61^0	$24.64^д$	(25) 20—29	14.14^0	$25.46^д$
(15) 10—19	14.24	25.29	(35) 30—40	13.61	26.46,

которыя опять-таки идутъ въ томъ же направленіи. По нимъ суточная дуга вращенія на экваторѣ выходитъ равною приблизительно 14.8^0, а соотвѣтствующее время вращенія около 24.32 дней.

Весьма замѣчательно, что время вращенія на экваторѣ оказывается весьма различнымъ: для факеловъ оно короче всего (24.32 дн.), для обращающаго слоя самое длинное (25.46), а для пятенъ среднее между ними (24.98 дн.). Это же соотношеніе имѣетъ мѣсто и для другихъ широтъ: факелы движутся быстрѣе всего, обращающій слой—медленнѣе всего, какъ показываетъ слѣдующая небольшая таблица:

Широта	Сидерическое время вращенія		
	факеловъ	пятенъ	фотосферы
0°	24.32°	24.98°	25.46°
15	25.26	25.44	26.35
30	25.48	26.53	27.56.

Чѣмъ ближе находится изслѣдуемая область къ полюсу, тѣмъ больше, повидимому, становится разница.

Но мы знаемъ, что факелы лежатъ выше, чѣмъ остальная фотосфера. Слѣдовательно, мы должны заключить, что наружныя части солнца (поскольку мы можемъ ихъ видѣть) обладаютъ бо̀льшими угловыми скоростями, чѣмъ лежащія болѣе глубоко. Къ тому же результату приходитъ Джуэлль изъ наблюденій смѣщенія спектральныхъ линій на различныхъ глубинахъ (подъ различными давленіями для различныхъ химическихъ составныхъ частей солнца, см. выше стр. 31). Выводъ изъ этихъ фактовъ будетъ тотъ, что пятна расположены приблизительно на средней высотѣ между факелами и обращающимъ слоемъ, слѣдовательно (въ среднемъ) надъ этимъ послѣднимъ, что наилучшимъ образомъ и согласуется съ новыми взглядами на эти явленія.

Весьма замѣчательно, что экваторіальныя части обладаютъ бо̀льшею угловою скоростью. Ибо, еслибы на поверхности солнца существовали, какъ на землѣ, теченія отъ полюсовъ къ экватору и наоборотъ, то должно было бы получиться противоположное тому, что наблюдается на самомъ дѣлѣ,—какъ въ воздушномъ океанѣ земли, экваторіальныя области обладали бы наименьшею угловою скоростью. За объясненіемъ нужно обратиться скорѣе къ вертикальнымъ теченіямъ. Уже Джонъ Гершель былъ того мнѣнія, что это явленіе вызываютъ падающіе на солнце метеоры, которые должны упадать главнымъ образомъ вблизи экватора. Въ такомъ случаѣ слѣдовало бы предположить, что метеоры двигаются въ среднемъ въ томъ же направленіи, въ которомъ происходитъ вращеніе солнца, но съ большею скоростью, чѣмъ поверхность солнца. Хотя это и возможно, но все же довольно мало вѣроятно; встрѣчается и рѣшительное затрудненіе. Именно, согласно этому взгляду, вращательное движеніе солнца должно постоянно ускоряться, а этого нѣтъ со времени Шейнера (почти за 300 лѣтъ), судя по его наблюденіямъ солнечныхъ пятенъ. А между тѣмъ, это ускореніе должно было бы быть достаточнымъ для того, чтобы увеличить скорость вращенія солнечнаго экватора почти на

50% сравнительно со скоростью полярныхъ областей, какъ это слѣдуетъ изъ измѣренiй Дунéра.

Бóльшаго вниманiя заслуживаетъ объясненiе Йонга. Мы знаемъ, согласно Деландру, что болѣе высокiе слои (короны) обладаютъ приблизительно тою же угловою скоростью, что и лежащiе ниже слои поверхности солнца. Слѣдовательно, если тѣла падаютъ изъ верхнихъ слоевъ на поверхность (фотосферы), то угловая скорость ихъ увеличивается. Это явленiе при одинаковыхъ прочихъ условiяхъ наиболѣе интенсивно на экваторѣ и меньше всего на полюсахъ. Необходимо, однако, предположить необыкновенно сильное и потому невѣроятное теченiе для того, чтобы объяснить наблюдаемое явленiе.

Плоскость экватора солнца образуетъ небольшой уголъ съ эклиптикой. Этотъ уголъ составляетъ около 7°. Обѣ плоскости пересѣкаются по прямой, проходящей черезъ два такъ называемыхъ узла на эклиптикѣ, имѣющихъ долготы приблизительно 70° и 250°. Земля проходитъ черезъ эти узлы 3 iюня и 5 декабря. Ось вращенiя солнца проходитъ черезъ точку сѣвернаго полушарiя неба, лежащую приблизительно по серединѣ между Вегой и Полярной звѣздой.

Число пятенъ, факеловъ и протуберанецъ. Вольферъ (Wolfer) нашелъ, что пятна и факелы идутъ другъ за другомъ, что, повидимому, противорѣчитъ выводу Стратонова. Но оба взгляда объединяются, если предположить, что около пятенъ постоянно возникаютъ новые факелы, затѣмъ, благодаря различiю въ движенiяхъ, они отдѣляются отъ пятенъ и постепенно пропадаютъ, а вблизи пятенъ опять возникаютъ новые факелы. Слѣдовательно, максимумъ факеловъ будетъ оставаться вблизи максимума пятенъ. Максимумы факеловъ были сконцентрированы въ 1887—89 годахъ вокругъ двухъ точекъ, почти дiаметрально противоположныхъ другъ другу (по Вольферу онѣ были удалены одна отъ другой на 155°). Это указываетъ на то, что наибольшая эруптивная дѣятельность проявляется въ извѣстныхъ мѣстахъ солнца.

Вообще южное полушарiе солнца проявляетъ болѣе энергичную дѣятельность, чѣмъ сѣверное. Пятна встрѣчаются въ двухъ поясахъ на широтѣ 5—30° къ сѣверу и къ югу отъ экватора. Выше 35° широты они очень рѣдки, а выше 45° почти не появляются. Вблизи полюсовъ они не наблюдались никогда. Факелы заходятъ нѣсколько далѣе, особенно въ южномъ полушарiи. Къ сѣверу отъ +30° и къ югу отъ —50° и они очень рѣдки. Еще равномѣрнѣе распредѣлены спокойныя протуберанцы: онѣ не рѣдки

даже у полюсовъ, а больше всего ихъ появляется въ области между $+60^{0}$ и -70^{0}.

Рис. 46 даетъ діаграмму распредѣленія 1386 пятенъ въ 1853—61 годахъ по Каррингтону и 2767 протуберанецъ въ годѣ максимума солнечныхъ пятенъ 1871 по Секки. Какъ видно изъ нея, въ этомъ году число протуберанецъ вблизи экватора представляло очень слабый минимумъ, и послѣ двухъ довольно нерѣзкихъ максимумовъ понижалось до двухъ очень рѣзкихъ минимумовъ у 60^{0} широты. У полюсовъ число протуберанецъ опять нѣсколько возростало и давало новый минимумъ на самомъ полюсѣ.

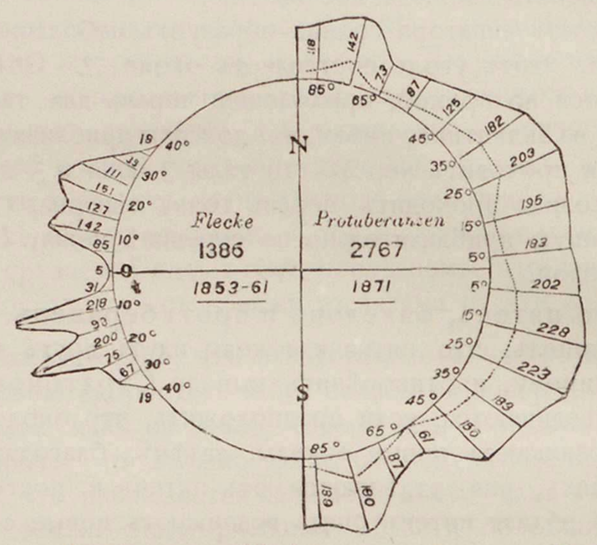


Рис. 46. Распредѣленіе пятенъ (Flecke) и протуберанецъ (Protuberanzen).

Линія, обозначенная на рис. 46 пунктиромъ, даетъ число болѣе высокихъ протуберанецъ (выше $1' = 43\,000$ км.) на различныхъ градусахъ широты. Она показываетъ такое же распредѣленіе ихъ, какъ и у всей совокупности протуберанецъ, но еще нѣсколько рѣзче.

Каррингтонъ нашелъ, что пятна между 20^{0} сѣверной и южной широтъ медленно подвигаются къ экватору, со среднею скоростью $1'$—$2'$ въ день. Напротивъ, въ болѣе высокихъ широтахъ пятна нѣсколько смѣщаются къ полюсу. Подобное же движеніе констатировалъ Стратоновъ и у факеловъ. Дѣло происходитъ, слѣдовательно, такъ, какъ будто эти образованія отталкиваются отъ тѣхъ областей, въ которыхъ они появляются всего чаще.

Точно также взаимно отталкиваются другъ отъ друга различныя пятна. При быстрыхъ измѣненіяхъ пятна оно часто сдвигается въ направленіи обычнаго движенія, такъ сказать скачками.

По этимъ измѣреніямъ Каррингтона и Секки солнечная дѣятельность нѣсколько больше на южной половинѣ солнца, чѣмъ на сѣверной, именно, на нее пришлось 708 солнечныхъ пятенъ и 1459 протуберанецъ противъ 673 пятенъ и 1308 протуберанецъ въ сѣверномъ полушаріи. Странное, но, вѣроятно, важное исключеніе изъ этого общаго правила показываютъ области вблизи солнечнаго экватора въ отношеніи пятенъ и факеловъ. Такъ, число пятенъ на 5° южной и сѣверной широты было 31 и 85 (ср. рис. 46.)

Къ тѣмъ же заключеніямъ приходимъ мы на основаніи слѣдующихъ датъ, заимствованныхъ изъ статистики распредѣленія пятенъ, факеловъ и протуберанецъ за періодъ отъ іюля 1890 до сентября 1897, по вычисленіямъ Таккини, въ Римѣ.

Распредѣленіе пятенъ.

Широта	+40°	30	20	10	0	−10	−20	−30	−40.
Число пятенъ .		12	194	512	297	252	601	295	27.

Распредѣленіе факеловъ.

Широта	+50°	30	20	10	0	−10	−20	−30	−50°.
Число факеловъ		124	581	1009	798	758	1137	894	335.

Распредѣленіе протуберанецъ.

Широта	+90°	60	40	20	0	−20	−40	−60	−90.
Число протуберанецъ		381	1069	2305	1716	1899	2797	1193	633.

Это сопоставленіе указываетъ, что большее количество явленій всѣхъ трехъ родовъ приходится на южное полушаріе солнца. Максимумъ пятенъ очень рѣзко выраженъ приблизительно у ± 15°; менѣе рѣзко выраженъ въ томъ же мѣстѣ максимумъ факеловъ и меньше всего выступаетъ максимумъ протуберанецъ (приблизит. у ± 25°).

Бо́льшая дѣятельность южнаго полушарія выступаетъ здѣсь еще рѣзче, чѣмъ въ выше приведенныхъ данныхъ Каррингтона и Секки; именно, число явленій въ сѣверномъ и южномъ солнечныхъ полушаріяхъ распредѣлено слѣдующимъ образомъ:

	сѣв.	южн.	5° С.	5° Ю.
Пятна	1015	1175	297	252
Факелы	2512	3124	798	758
Протуберанцы .	5471	6522	—	—

Подъ 5° С и 5° Ю указано для сравненія число пятенъ и факеловъ между экваторомъ и 10° сѣверной и южной широты. Дѣло обстоитъ какъ будто такъ, что метеорологическій экваторъ при минимумѣ солнечныхъ пятенъ лежитъ нѣсколько къ югу отъ географическаго экватора. Подобнымъ же образомъ и метеорологическій экваторъ земли расположенъ нѣсколько къ сѣверу отъ географическаго.

Въ годы небольшого числа пятенъ максимумы сдвигаются къ экватору, какъ показываютъ слѣдующія данныя:

Пятна 1897 янв.—сент.

Широта	40°	30°	20°	10°	0°	— 10°	— 20°	— 30°	— 40°
Количество . .	0	0	11	33	49	39	0	0	

Факелы 1895 окт.—1896 дек.

Широта	50°	30°	20°	10°	0°	— 10°	— 20°	— 30°	— 50°
Количество . .	24	47	90	122	154	149	73	47	

Протуберанцы 1897 янв.—сент.

Широта	90°	60°	40°	20°	0°	— 20°	— 40°	— 60°	— 90°
Количество . .	10	128	112	129	281	134	112	16	

Причина неравномѣрнаго распредѣленія пятенъ неизвѣстна. Безъ сомнѣнія, она стоитъ въ связи съ неравномѣрнымъ движеніемъ поверхности. Затруднительно было объяснить и необыкновенную силу изверженій на солнцѣ, такъ какъ здѣсь нѣтъ твердой коры, которая могла бы мѣшать скорому сглаживанію разностей давленій. Но это затрудненіе должно отчасти устраниться, если принять во вниманіе, что газы солнца вслѣдствіе высокой температуры и плотности обладаютъ большимъ внутреннимъ треніемъ, такъ что по консистенціи ихъ ближе всего было бы сравнить съ дегтемъ или медомъ (по Йонгу). Поэтому верхніе слои только медленно поддаются подъ давленіемъ извнутри. Процессъ можно представить себѣ такимъ образомъ: внутри солнца существуютъ очень сильно конденсированные газы, которые содержатъ въ одной молекулѣ очень много атомовъ и образованіе которыхъ связано съ огромнымъ накопленіемъ энергіи. Эти обстоятельства согласуются съ колоссальнымъ давленіемъ и температурой внутри солнца въ милліоны градусовъ. Допустимъ, что вслѣдствіе какой-нибудь неизвѣстной причины происходитъ перемѣщеніе подобной массы газа въ верхніе слои съ болѣе низкою температурою и меньшимъ давленіемъ; тогда эти весьма сложныя молекулы чрез-

вычайно быстро, какъ бы взрывомъ, распадутся, потому что при очень высокой температурѣ всѣ реакціи протекаютъ съ чрезвычайной быстротой. Вслѣдствіе этого получится сильное повышеніе давленія и температуры, на короткое время препятствующее дальнѣйшему распаду—до тѣхъ поръ, пока сосѣдніе слои не будутъ оттѣснены въ сторону и нагрѣты, послѣ чего наступитъ новый распадъ. Вѣроятно, водородъ и углеродъ играютъ большую роль въ этихъ многоатомныхъ химическихъ соединеніяхъ,—эти же составныя части даютъ главный матеріалъ для большинства сложныхъ тѣлъ, извѣстныхъ намъ на землѣ. Поэтому можно думать, что при важной роли, которую играютъ на солнцѣ водородъ и углеродъ, сложные гидраты и карбиды, а равно и углеводороды составляютъ значительную часть распадающихся газовъ. При распадѣ получаются водородъ, углеродъ и свободные металлы, съ большою силою устремляющіеся на поверхность. Тамъ углеродъ отдѣляется и образуетъ факелы; металлы и водородъ образуютъ протуберанцы, слѣдующія за факелами. Вслѣдствіе этихъ изверженій давленіе газовъ въ верхнихъ слояхъ увеличивается, газы начинаютъ падать обратно и образуютъ при нисходящемъ движеніи максимумъ давленія, соотвѣтствующій пятну. Поэтому пятно съ окружающими факелами можно разсматривать, какъ максимумъ давленія газовъ съ окружающими его небольшими минимумами. Пятно, подобно барометрическому максимуму, относительно спокойно; факелы, подобно минимумамъ, движутся сравнительно быстро и при этомъ измѣняютъ свою форму.

Температура солнца. Естественно предполагать, что температура солнца очень высока. Температура солнца, которую мы можемъ оцѣнивать, есть температура фотосферы. Раньше ее считали, соотвѣтственно ея излученію, очень высокою; такъ напримѣръ, Секки оцѣнивалъ ее въ 5 милліоновъ, Эриксонъ (Ericsson) въ 2.5 милліона градусовъ; затѣмъ, однако, все больше стали склоняться къ мнѣнію, что температура фотосферы не слишкомъ превышаетъ наивысшія земныя температуры (очень интенсивной вольтовой дуги), достигающія около 4000° С. Оцѣнки послѣдняго времени согласуются между собою очень хорошо. Такъ, напримѣръ, Ле Шателье (Le Chatelier) измѣрялъ то тепловое излученіе тѣлъ при различныхъ температурахъ, которое проникаетъ сквозь красное стекло. Онъ сравнилъ съ нимъ соотвѣтственное излученіе солнца и пришелъ къ величинѣ температуры солнца около 7600° С. Изъ положенія максимума излученія въ солнечномъ спектрѣ, лежащаго у 0.546 μ., и его положенія для излуча-

ющихъ тѣлъ (окиси мѣди, окиси желѣза и сажи), подчиняющихся закону

$$\lambda^{макс} T = 2950$$

(гдѣ λ есть длина волны въ μ максимума излученія, а T абсолютная температура излучающаго тѣла), получена величина $T = 5400$ (по Пашену). Вильсонъ и Грэ (Gray) изъ интенсивности излученія центра солнца при допущеніи, что земная атмосфера поглощаетъ 29 процентовъ излученія солнца, находящагося въ зенитѣ, нашли 6200° С; они исправили впослѣдствіи эту величину на 8000° С. Они пользовались при этомъ закономъ излученія Стефана. Варбургъ (Warburg) подобнымъ же образомъ нашелъ около 6000° С.

Наконецъ, мы упомянемъ объ оцѣнкѣ Шейнера. Онъ нашелъ, что въ спектрѣ звѣздъ I типа, напримѣръ Сиріуса, линія магнія 448.2 $\mu\mu$ очень рѣзка. Та же самая линія слабѣе въ спектрахъ звѣздъ типа 2a (напр. солнца) и вовсе отсутствуетъ въ спектрахъ 3 типа (напр. α Orionis). Но она видна также въ искровомъ спектрѣ, температуру котораго Шейнеръ довольно произвольно оцѣниваетъ въ 15000° С., и, напротивъ, не найдена въ дуговомъ спектрѣ (около 4000° С). Совершенно обратное имѣетъ мѣсто для магніевой линіи 435.2 $\mu\mu$, которая видна какъ въ дуговомъ спектрѣ, такъ и въ спектрахъ звѣздъ типовъ 3 и 2a и, наоборотъ, не видна ни въ искровомъ спектрѣ, ни въ спектрѣ звѣздъ I типа. Шейнеръ заключаетъ отсюда, что температура обращающаго слоя солнца лежитъ между 4000° и 15000° С; напротивъ, обращающій слой α Orionis (Бетельгейзе) имѣетъ температуру только въ 3—4000° С. Эта оцѣнка совершенно недостовѣрна, такъ какъ масса излучающихъ паровъ также играетъ большую роль при излученіи, а мы очень мало освѣдомлены объ этой величинѣ. [1])

Разумѣется, температура внутри солнца гораздо выше температуры фотосферы. Ее можно вычислить, въ предположеніи

---

[1]) Не говоря уже объ указанной авторомъ произвольности опредѣленія температуры электрической искры, самыя основанія мнѣнія Шейнера не могутъ быть признаны правильными: извѣстенъ цѣлый рядъ случаевъ, когда магніева линія 448. 2 $\mu\mu$ бываетъ—при извѣстныхъ условіяхъ—видна въ спектрѣ вольтовой дуги и, напротивъ, бываетъ невидима въ спектрѣ искры (работы Liveing и Dewar, Hartmann, Schenck). Такой авторитетъ въ области спектроскопіи, какъ Kayser, думаетъ даже, что вообще исчезновеніе и появленіе извѣстныхъ линій въ спектрѣ при измѣненіи условій его полученія не можетъ служить показателемъ именно температурныхъ условій, завися прежде всего отъ р о д а электрическаго разряда.

такъ называемаго адіабатическаго распредѣленія теплоты на солнцѣ, т. е. увеличенія теплоты солнечныхъ газовъ при перемѣщеніи ихъ изъ фотосферы на опредѣленную глубину съ извѣстнымъ, болѣе высокимъ давленіемъ. Но для этого вычисленія необходимо знать удѣльную теплоту солнечныхъ газовъ, чего мы, однако, не знаемъ.

Шустеръ (Schuster) вычисляетъ это увеличеніе у поверхности приблизительно въ 200° С на километръ, что составляетъ 15000° С на секунду дуги. Другіе оцѣниваютъ эту величину приблизительно въ 6000° С на секунду дуги. Такъ какъ радіусъ солнца имѣетъ круглымъ числомъ 16′ = 960″, то, по этимъ вычисленіямъ, температура въ центрѣ солнца достигаетъ огромной величины, приблизительно въ 6—15 милліоновъ градусовъ. Но такъ какъ плотный газъ внутри солнца далеко не такъ сжимаемъ, какъ идеальный газъ, то эти экстраполяціи должны вести къ слишкомъ высокимъ величинамъ. Теорія лорда Кельвина приводитъ къ еще большей величинѣ, 200 милліонамъ градусовъ, вычисленіе Экгольма къ болѣе низкой, около 5 милліоновъ градусовъ. Послѣдняя величина, хорошо согласующаяся съ указанной выше, является самою вѣроятною изъ всѣхъ приведенныхъ чиселъ.

Періодичность солнечныхъ пятенъ. При наблюденіяхъ надъ солнечными пятнами давно уже нашли, что въ нѣкоторые годы они появляются чрезвычайно рѣдко, въ другіе же годы, наоборотъ, необыкновенно часто. Измѣненіе количества солнечныхъ пятенъ происходитъ съ извѣстною правильностью и Швабе (Schwabe) нашелъ (1843), что это количество измѣняется періодически, съ періодомъ около 11 лѣтъ. Это открытіе было подтверждено впослѣдствіи всѣми изслѣдователями солнца и особенно извѣстнымъ физикомъ Вольфомъ (Wolf), который ввелъ такъ называемыя „относительныя числа“ (Relativzahlen). Солнечныя пятна встрѣчаются группами. Число пятенъ въ опредѣленный день обозначимъ черезъ f. Если число группъ есть q, то Вольфъ вычисляетъ относительное число (r) солнечныхъ пятенъ формулой

$$r = 10\,q + f.$$

Такимъ образомъ онъ придаетъ отдѣльному пятну гораздо меньшее значеніе, чѣмъ группѣ пятенъ. Изъ этихъ относительныхъ чиселъ для каждаго дня онъ составилъ мѣсячныя и годовыя среднія. На основаніи прежнихъ наблюденій онъ имѣлъ возможность вычислить относительныя числа и для предшествующихъ лѣтъ. Въ виду огромной

важности этихъ относительныхъ чиселъ солнечной дѣятельности, мы приводимъ ихъ здѣсь для годовъ, въ которые имѣли мѣсто максимумы и минимумы.

1750	55	61	66	69	75	78	84	87	98
83.4	9.6	85.8	11.4	106.1	7.0	154.4	10.2	132.0	4
1804	10	16	23	30	33	37	43	48	
73.1	0.0	46.4	1.8	70.7	8.5	138.2	10.7	124.3	
1856	60	67	70	78	84	89	93	1900	
4.3	95.7	7.3	139.1	3.4	63.7	6.3	85.2	10?	

До этого времени максимумы были въ 1616, 26, 40, 49, 60, 75, 85, 93, 1705, 18, 28 и 39 годахъ, минимумы въ 1611, 19, 34, 45,

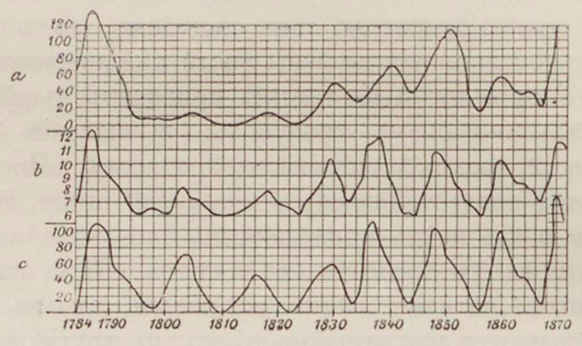


Рис. 47. Верхняя кривая представляетъ измѣненія количества сѣверныхъ сіяній, средняя—магнитныхъ возмущеній, нижняя—солнечныхъ пятенъ.

55, 66, 80, 90, 99, 1712, 24, 34 и 45 годахъ. Длина періода, какъ видно изъ этихъ чиселъ, какъ это обыкновенно бываетъ съ астрономическими періодами, не всегда одинакова, но нѣсколько колеблется между 7 (1830—37) и 17 (1787—1804) годами. Вольфъ опредѣлилъ среднюю продолжительность въ 11.2 года. Нижняя кривая на рис. 47 и верхняя на рис. 49 указываютъ измѣненія относительныхъ чиселъ съ 1784 года.

Весьма замѣчательную особенность представляетъ то обстоятельство, что восходящая часть кривой, охватывая едва 4.5 года, идетъ очень круто въ сравненіи съ нисходящей, которая занимаетъ почти 7 лѣтъ (ср. рис. 47 и 49). Небольшія возвышенія на нисходящей вѣтви очень часты. Въ послѣдніе годы XVIII и первыя тридцать лѣтъ XIX столѣтій колебаніе дѣятельности солнца было сравнительно незначительно.

Это обстоятельство въ высшей степени замѣчательно, такъ какъ именно для этого времени въ правильности метеорологиче-

скихъ явленій (см. ниже), находящихся въ связи съ солнечными пятнами, наблюдался ходъ, очень слабо выраженный, иногда даже обратный въ сравненіи съ ходомъ въ другіе, нормальные періоды времени.

Причина этой характерной періодичности была предметомъ очень тщательныхъ изслѣдованій, которыя до сихъ поръ не дали однако опредѣленнаго результата. Де ла Рю и Бальфуръ Стьюартъ (Balfour Stewart) думали, что здѣсь оказываетъ вліяніе соединеніе большихъ планетъ, особенно Юпитера, время оборота котораго (11.87 лѣтъ) незначительно разнится отъ періода солнечныхъ пятенъ, съ Венерою и Меркуріемъ. Трудно понять, какимъ образомъ могутъ дѣйствовать при этомъ планеты. Скорѣе всего можно было бы думать о нѣкоторомъ родѣ приливовъ, при чемъ соединенія планетъ должны вызывать особенно высокій приливъ. Но если подумать, что дѣйствіе Венеры на солнце едва достигаетъ 750-ой части дѣйствія солнца на землю, а дѣйствіе Юпитера и Меркурія на солнце только одной 1000-ой, то этотъ способъ объясненія совершенно теряетъ подъ собою почву (Йонгъ). Именно, солнце производитъ въ глубокихъ водахъ приливную волну вокругъ земного экватора высотою около 30 см. Поэтому названныя три планеты могли бы вызвать на солнцѣ волну около 1 мм. высоты. Эта цифра во всякомъ случаѣ правильно указываетъ порядокъ этой величины.

Скорѣе можно было бы приложить здѣсь метеорную гипотезу. Рой метеоровъ, который производитъ, по мнѣнію Гершеля, солнечныя пятна, могъ бы имѣть время оборота около 11.2 лѣтъ и, благодаря этому, оказывать періодическое дѣйствіе. Съ этой точки зрѣнія затрудненіе представляется въ распредѣленіи пятенъ, которыя именно на экваторѣ, гдѣ по метеорной гипотезѣ они должны были бы встѣчаться чаще всего, появляются очень рѣдко.

Впрочемъ, эта гипотеза, какъ и всѣ другія астрономическія гипотезы, встрѣчаетъ серьезныя затрудненія въ большихъ колебаніяхъ продолжительности періода, совершенно, повидимому, несогласуемыхъ съ астрономическими причинами, зависящими отъ движеній другихъ небесныхъ тѣлъ. Скорѣе это явленіе напоминаетъ періодичность изверженій изъ гейзеровъ. Поэтому иногда пытались объяснить возникновеніе солнечныхъ пятенъ такимъ же образомъ, какъ и изверженія гейзеровъ.

Связь количества солнечныхъ пятенъ съ земнымъ магнитизмомъ. Вполнѣ ясно, что періодъ солнечныхъ пятенъ проявляетъ свое дѣйствіе во многихъ земныхъ явленіяхъ. Это отно-

сится особенно къ измѣненіямъ положенія магнитной стрѣлки и числа сѣверныхъ сіяній, очень близко связанныхъ между собою. Эта связь видна непосредственно на кривыхъ рис. 47, изъ которыхъ верхняя показываетъ число сѣверныхъ сіяній, средняя—магнитныхъ возмущеній, а нижняя—солнечныхъ пятенъ каждаго года отъ 1784 до 1871. Однако, эта связь оспаривалась Фэ (Faye) и лордомъ Кельвиномъ. Этотъ знаменитый изслѣдователь представляетъ себѣ дѣло слѣдующимъ образомъ: для того, чтобы солнце могло измѣнить силу земного магнитнаго поля на 0.001 его величины, оно должно быть магнитомъ въ 12000 разъ сильнѣе земли. Возмущенія же, которыя приписываются солнечной дѣятельности, измѣняютъ иногда поле земного магнита на одну тридцатую часть его. Поэтому приходится допустить внезапныя, чрезвычайно сильныя измѣненія солнечнаго магнита. Кромѣ того движеніе магнитной стрѣлки на землѣ не такое, какого можно было бы ожидать въ предположеніи, что солнце есть огромный магнитъ. Такъ какъ согласіе хода солнечныхъ пятенъ и движеній магнитной стрѣлки не можетъ быть объяснено подобнымъ предположеніемъ, то лордъ Кельвинъ утверждаетъ, что упомянутое совпаденіе только случайно. Но нужно совершенно пренебречь элементами теоріи вѣроятностей, если объяснять параллельный ходъ кривыхъ *b* и *c* рис. 48 игрою случая. „Что солнечныя пятна находятся въ связи съ земнымъ магнитизмомъ, не подлежитъ никакому сомнѣнію“ (Йонгъ).

Вскорѣ послѣ того, какъ Швабе обнародовалъ свои наблюденія надъ измѣненіями солнечныхъ пятенъ въ 1826—1851 годахъ, одновременно Сэбинъ (Sabine) въ Англіи, Готье (Gautier) во Франціи и Вольфъ въ Швейцаріи обратили вниманіе на совпаденіе максимумовъ и минимумовъ указаннаго Ламономъ (Lamont) въ 1850 г. періода магнитныхъ колебаній съ максимумами и минимумами солнечныхъ пятенъ. Чтобы показать близкое совпаденіе обоихъ періодовъ въ новое время, мы приводимъ слѣдующія даты годовъ и величины максимумовъ и минимумовъ суточнаго измѣненія магнитнаго склоненія въ Прагѣ, а также годы крайнихъ величинъ количества солнечныхъ пятенъ.

Годъ	1856	1859	1867	1871	1878	1883	1889
Измѣненіе набл. . .	5.98′	10.36′	6.95′	11.43′	5.65′	8.34′	5.99′
„ выч. . .	6.08	10.20	6.22	12.15	6.04	8.76	6.17
Годъ	1856.0	60.1	67.2	70.6	78.9	84	89
Число солн. пятенъ	4.3	95.7	7.3	139.1	3.4	63.7	6.3

Совпаденіе въ ходѣ обоихъ явленій такъ ясно, что можно вычислить суточную измѣнчивость склоненія v для различныхъ мѣстъ слѣдующей формулой:

$$v = a + b r,$$

гдѣ r означаетъ „относительное" число солнечныхъ пятенъ, a и b двѣ постоянныя, которыя для Праги суть 5.89′ и 0.045′. Вычисленныя такимъ образомъ величины превосходно согласуются съ наблюдаемыми не только для годовъ максимумовъ и минимумовъ, какъ показываютъ указанныя выше числа, но также хорошо и для другихъ годовъ.

Величины a и b для различныхъ мѣстъ даны въ слѣдующей таблицѣ:

	Широта	a	b	b_1
Христіанія.	59.55	4.94′	0.037	0.032
Барнаулъ (Сибирь) .	53.19	3.53	0.028	0.023
Берлинъ	52.30	6.62	0.042	0.042
Гриничъ	51.30	6.67	0.039	0.042
Прага	50.5	6.12	0.040	0.039
Вѣна.	48.13	5.13	0.039	0.033
Мюнхенъ	48.9	6.74	0.042	0.043
Миланъ.	45.28	5.28	0.043	0.034
Торонто	43.40	7.96	0.040	0.051
Тревандрумъ (Индія).	8.30	0.24	0.007	0.002
Батавія.	— 6.11	— 3.16	— 0.016	— 0.016
Гобартонъ (Тасманія)	—42.53	— 7.17	— 0.032	—0.046.

Знакъ — указываетъ, что направленный къ сѣверу конецъ магнита уклоняется къ востоку болѣе днемъ, чѣмъ ночью; въ другихъ случаяхъ сѣверный конецъ отклоняется днемъ больше, чѣмъ ночью, къ западу. Обѣ величины a и b измѣняются почти параллельно другъ другу, какъ видно изъ величинъ, вычисленныхъ посредствомъ формулы $a = 157\ b$ и помѣщенныхъ подъ b_1; онѣ переходятъ чрезъ 0 нѣсколько къ сѣверу отъ экватора, еще сѣвернѣе онѣ положительны, южнѣе—отрицательны. Сначала онѣ увеличиваются съ возростаніемъ широты, переходятъ черезъ максимумъ около 47° широты, а затѣмъ снова убываютъ къ полюсамъ. Шустеръ показалъ, что причина этихъ колебаній лежитъ внѣ земной поверхности (вѣроятно, въ воздухѣ).

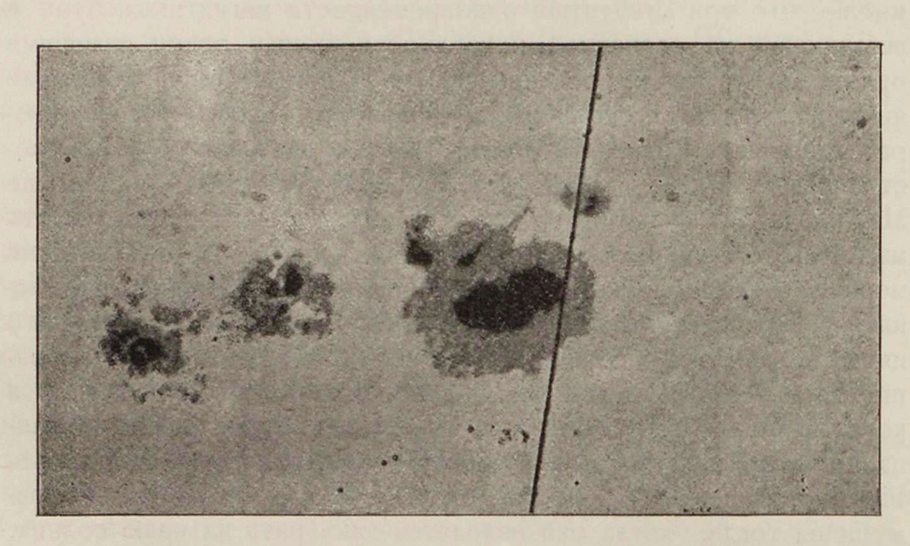
Такъ же, какъ склоненіе, согласно съ періодомъ солнечныхъ пятенъ, колеблются и другіе магнитные элементы,—напряженіе горизонтальной слагающей и наклоненіе.

Солнечныя пятна и сѣверныя сіянія. Такъ какъ магнитныя измѣненія чрезвычайно тѣсно связаны съ сѣверными сіяніями, какъ это открыли Цельзій (Celsius) и Гіортеръ (Hiorter), то легко было предположить, что сѣверныя сіянія должны обнаруживать ту же періодичность, что и солнечныя пятна. Это и было доказано Лумисомъ (Loomis), а позже Фрицемъ (Fritz); это очень ясно показываютъ кривыя *a* и *c* рис. 47. Впрочемъ, связь эта, повидимому, не очень проста. Тромгольтъ (Tromholt) думалъ доказать для нѣсколькихъ станцій Исландіи и Гренландіи обратный ходъ сѣверныхъ сіяній сравнительно съ ходомъ солнечныхъ пятенъ. Позднѣйшія наблюденія въ этихъ мѣстахъ не указываютъ никакой связи между этими двумя явленіями. Также и новѣйшія наблюденія въ Швеціи, Норвегіи, а равно и Сѣверной Америкѣ, далеко не даютъ такого согласія, какъ кривыя *a* и *c* рис. 47. Напротивъ, совпаденіе періодовъ южныхъ полярныхъ сіяній съ періодами солнечныхъ пятенъ еще гораздо замѣтнѣе, чѣмъ у сѣверныхъ сіяній. Вообще кажется, что если отмѣчать возможно полно сѣверныя сіянія, то ихъ рѣзкая одиннадцатилѣтняя періодичность отчасти теряется. Но такъ и должно быть, если наблюдать сѣверныя сіянія въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ они видны почти каждую ночь, какъ въ богатые, такъ и въ бѣдные солнечными пятнами годы. Если же отмѣчать только наиболѣе сильныя сѣверныя сіянія или работать въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ эти явленія рѣдки, то одиннадцатилѣтній періодъ выступаетъ очень рѣзко, что и показываютъ сопоставленія Лумиса и Фрица за старые годы (кривая *a* рис. 47). Еще болѣе это ясно для сравнительно рѣдко наблюдаемыхъ южныхъ сіяній.

Распространеніе магнитныхъ возмущеній. Было произведено много изслѣдованій того, черезъ какое время послѣ возмущеній на солнцѣ появляются магнитныя возмущенія и сѣверныя сіянія. Еслибы можно было это установить, то мы имѣли бы мѣру скорости распространенія упомянутаго вліянія и могли бы сдѣлать заключенія о его природѣ. Непосредственно за большимъ изверженіемъ на солнцѣ 1 сентября 1859 г. (стр. 101), наблюдавшимся Каррингтономъ и Годжсономъ, магнитная стрѣлка показала сильную магнитную бурю. Йонгъ также наблюдалъ 3 и 5 августа 1872 подобныя совпаденія между возмущеніями на солнцѣ и магнитными. Есть нѣсколько позднѣйшихъ такихъ наблюденій

(Вильда), указывающихъ, что скорость распространенія магнитнаго возмущенія равна скорости свѣта. Но точное изслѣдованіе этого труднаго предмета сильно поколебало мысль, что эти явленія совпадаютъ. Такъ, напримѣръ, Сидгривсъ высказываетъ мнѣніе, что при отсутствіи одновременности магнитныхъ бурь и возмущеній на солнечной поверхности между этими явленіями прямой связи нельзя признать, но что „общая причина обоихъ явленій лежитъ въ скопленіяхъ космической пыли, черезъ которыя проходитъ солнечная система въ ея движеніи черезъ пространство". Равно и Палаццо (Palazzo) замѣчаетъ, что мнѣніе Маршана (Marchand) о томъ, что солнечныя пятна вызываютъ магнитныя возмущенія при своемъ прохожденіи черезъ среднiй меридіанъ солнца, врядъ ли вполнѣ правильно. Правда, одна магнитная буря наступила при прохожденіи колоссальнаго солнечнаго пятна чрезъ центръ солнца 6—7 августа 1893 г., но 12 часами раньше происходило другое возмущеніе, еще болѣе интенсивное; а когда пятно въ слѣдующій разъ проходило черезъ середину солнца, не было замѣтно ни малѣйшаго магнитнаго возмущенія. Мнѣніе, высказанное Феедеромъ (Veeder), что пятна вызываютъ возмущенія тогда, когда они находятся какъ разъ на краю солнца, показываетъ только, какъ неясны идеи въ этой области. Рикко, Маршанъ и большинство другихъ согласны въ томъ, что большее значеніе можно придавать только прохожденіямъ чрезъ середину солнца. Таккини дѣлаетъ по этому поводу замѣчаніе, что магнитныя возмущенія наступаютъ только въ томъ случаѣ, если въ солнечныхъ пятнахъ происходятъ сильныя движенія во время прохожденія черезъ середину солнца. Позже онъ высказалъ мнѣніе, что съ сѣверными сіяніями и магнитными возмущеніями скорѣе связаны факелы и протуберанцы, чѣмъ собственно пятна. Онъ заключаетъ это изъ того обстоятельства, что въ 1893 г. пятна увеличивались въ числѣ, тогда какъ число протуберанецъ и сѣверныхъ сіяній уменьшалось. Противъ этого слѣдуетъ замѣтить, что факелы, исключая тѣ, которые окружаютъ пятно, и протуберанцы, за исключеніемъ металлическихъ, не оказываютъ, конечно, никакого вліянія на магнитныя явленія, такъ какъ они за періодъ солнечныхъ пятенъ, судя по цифрамъ Таккини, мало измѣняются. Кромѣ того, если считать всѣ факелы, то, какъ замѣчаетъ Гэль, нѣтъ момента, когда какой-нибудь факелъ не проходилъ бы черезъ середину солнца. Но именно факеламъ и протуберанцамъ въ области солнечнаго пятна и принадлежитъ собственно активная роль, и они измѣняются по-

чти въ той же пропорціи, что и солнечныя пятна. И эти именно образованія больше всѣхъ другихъ обнаруживаютъ огромныя движенія, которыя можно разсматривать, какъ причину проявляющихся толчками магнитныхъ возмущеній.



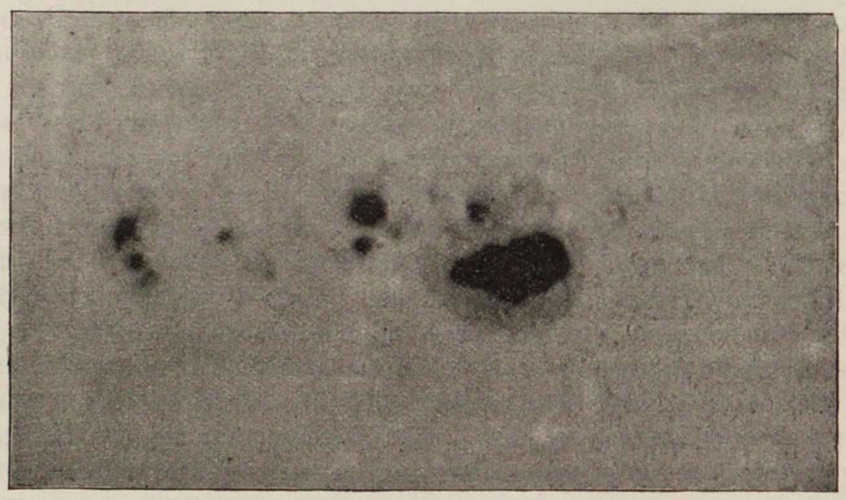


Рис. 48. Группа солнечныхъ пятенъ 8—10 сентября 1898 г. по Маундеру. Верхній рисунокъ даетъ изображеніе для того момента, когда самое большое изъ пятенъ достигло средняго меридіана солнца, нижній—спустя 48 часовъ; ясно видны перемѣны, происшедшія за этотъ промежутокъ времени.

Скорѣе всего можно было бы достигнуть цѣли, изслѣдуя пятна и ихъ окрестности въ то время, когда они и магнитныя возмущенія относительно рѣдки. Примѣромъ подобнаго случая

можетъ служить большое пятно сентября 1898 г., изслѣдованное Маундеромъ. Это пятно, или вѣрнѣе группа пятенъ (рис. 48), достигло своего наибольшаго протяженія 8—10 сентября, когда длина области возмущенія составляла около 220000, а ширина около 70000 км. Около 14 часовъ послѣ того, какъ наибольшее пятно прошло черезъ среднiй солнечный меридiанъ, наступила чрезвычайно рѣзкая магнитная буря, которая достигла максимальной интенсивности 7—8 часами позже, вечеромъ 9 сентября въ 8—10 час. Одновременно появилось великолѣпное сѣверное сіяніе изъ бѣлыхъ лучей отъ $8^ч 45^м$ до $10^ч 30^м$ съ максимумомъ движенія въ $9^ч$. Согласно другому англійскому наблюдателю, въ $8^ч$ появился слабый свѣтъ, какъ бы свѣтящіяся облака; въ $8^ч 30^м$ взлетѣли на сѣверномъ горизонтѣ могучіе бѣлые лучи, продержавшіеся до $9^ч$. Боковые лучи были нѣсколько слабѣе и слегка окрашены въ пурпуровый цвѣтъ. Въ $8^ч 40^м$ свѣтъ былъ такъ силенъ, что наблюдатель могъ отсчитать свои часы. Слабый свѣтъ оставался на сѣверномъ горизонтѣ до $11^ч 30^м$ (Гринич. врем.). Въ $10^ч$ образовалась дуга сѣвернаго сіянія свѣтло-желтаго цвѣта, въ $11^ч 15^м$ она была рѣзче всего очерчена и почти исчезла въ $11^ч 45^м$.

Приблизительно 20—21 часами позже того, какъ пятно достигло средняго солнечнаго меридіана, проявилось наибольшее его вліяніе на магнитное состояніе земли.

Приблизительно къ тому же заключенію пришелъ Маундеръ изъ изслѣдованія одного пятна 1892 г.

Къ подобнымъ выводамъ пришелъ и выдающійся изслѣдователь Рикко̀, который оцѣниваетъ разницу временъ прохожденія солнечныхъ пятенъ черезъ центральный меридіанъ солнца и наступленія магнитныхъ возмущеній на землѣ отъ 38 до 51 час.

Такимъ образомъ, возмущеніе, вызываемое солнечными изверженіями, требуетъ, повидимому, значительнаго времени для того, чтобы достигнуть земли. Слѣдовательно, приписать это дѣйствіе какому-нибудь опредѣленному свѣтовому излученію, безъ всякихъ электрическихъ процесовъ, является не вполнѣ возможнымъ.

Солнечныя пятна и температура воздуха. И въ другихъ метеорологическихъ явленіяхъ періодъ солнечныхъ пятенъ обнаруживаетъ одно, хотя и небольшое, но все же интересное вліяніе. Подробный обзоръ этихъ вопросовъ далъ въ 1878 г. Фрицъ. Здѣсь можно вкратцѣ упомянуть только о наиболѣе важныхъ соотношеніяхъ. Кёппенъ (Köppen) нашелъ, что вооб-

ще температура бываетъ ниже въ годы, богатые солнечными пятнами, чѣмъ въ тѣ годы, когда ихъ мало. Правильнѣе всего это явленіе обнаруживается въ тропикахъ, гдѣ амплитуда составляетъ 0.73° *C*. Максимумъ температуры наступаетъ приблизительно на годъ раньше минимума пятенъ; минимумъ температуры совпадаетъ съ максимумомъ пятенъ, какъ показываетъ слѣдующая таблица:

Годы: миним. пят.		+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	
Температ.	+ 0.33	+ 0.15	— 0.04	— 0.21	— 0.28	
Годы: максим. пят.		+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Температ.	— 0.32	— 0.27	— 0.14	+ 0.08	+ 0.30	+ 0.41.

Во внѣтропическихъ мѣстахъ это явленіе слабѣе. Кёппенъ нашелъ въ среднемъ для внѣтропическихъ станцій амплитуду въ 0.54° *C*, и ходъ періода былъ менѣе ясенъ. Это обстоятельство, повидимому, противорѣчитъ факту, открытому Савельевымъ, но еще недостаточно констатированному, что въ богатые пятнами годы солнечное излученіе значительно сильнѣе, чѣмъ въ годы, бѣдные пятнами. Именно, онъ нашелъ лѣтомъ 1890, 1891 и 1892 гг. величину теплового излученія на часъ и см² въ Кіевѣ въ 29.8, 32 и 36 кал., тогда какъ „относительныя" числа солнечныхъ пятенъ были 7, 48 и 86.

Это наблюденіе a priori правдоподобно, такъ какъ солнечныя пятна обуславливаются процессомъ „перемѣшиванія" вещества на солнцѣ, которое, конечно, должно вызывать повышеніе температуры излучающихъ областей поверхности особенно факеловъ. Поэтому пониженіе температуры на землѣ въ годы, богатые солнечными пятнами, должно зависѣть отъ наступающаго вмѣстѣ съ тѣмъ увеличенія облачности, несмотря на болѣе сильное тепловое излученіе (см. ниже).

Солнечныя пятна, облачность и осадки. Облачность, повидимому, находится въ такой связи съ солнечными пятнами, что облака, особенно самыя высокія, чаще встрѣчаются во время большого количества пятенъ, чѣмъ въ годы, бѣдные пятнами.

Такъ напримѣръ, Клейнъ (Klein) нашелъ въ годы 1850—1870 слѣдующія числа относительнаго количества для такого рода облаковъ (для Кёльна):

Годы	Относ. число.	Перистыя	Перисто-слоистыя	Перисто-кучевыя облака	Сумма
1850—52	173.6	122	187	49	358
1853—55	63.6*	89*	186	5*	280*
1856—58	76.7	164	122*	51	337
1859—61	272.4	286	149	40	475

Годы	Относ. число.	Перистыя	Перисто-слоистыя	Перисто-кучевыя облака	Сумма
1862—64	150.9	361	123	11	495
1865—67	58.0*	225*	95*	0	320*
1868—70	263.9	248	163	0	411

Какъ видно отсюда, максимумы и минимумы приходятся почти на тѣ же эпохи, что и максимумы и минимумы „относительныхъ“ чиселъ солнечныхъ пятенъ.

Самыя высокія облака, благодаря своимъ ледянымъ игламъ, являются причиною свѣтлыхъ круговъ вокругъ солнца и луны. И дѣйствительно, послѣдніе бываютъ видимы чаще при максимумахъ солнечныхъ пятенъ, чѣмъ при минимумахъ. Уже изъ дневника Тихо Браге явствуетъ, что свѣтлые круги появляются въ періоды, богатые сѣверными сіяніями, чаще, чѣмъ въ другіе.

Для облачности вообще также доказано увеличеніе ея съ солнечными пятнами, хотя и сравнительно слабо выраженное для германскихъ станцій; это соотношеніе, повидимому, проявляется не вездѣ; такъ напримѣръ, англійскіе изслѣдователи пришли къ противоположному результату.

По изслѣдованіямъ Мельдрёма (Meldrum) и Локіера осадки при максимумахъ солнечныхъ пятенъ бываютъ обильнѣе, чѣмъ въ другое время. Закономѣрность выступаетъ сильнѣе въ тропическихъ областяхъ, чѣмъ внѣ ихъ. Но и тамъ иногда встрѣчается противоположный ходъ, какъ это нашли Арчибольдъ (Archibald) и Гилль (Hill) относительно дождей Сѣверной Индіи. На европейскомъ континентѣ амплитуда составляетъ около 2 англійскихъ дюймовъ (=51 мм.), а въ Америкѣ и Англіи приблизительно вдвое больше.

Результатомъ увеличенія количества осадковъ во времена обилія солнечныхъ пятенъ является одновременное повышеніе уровня европейскихъ рѣкъ. Изъ изслѣдованій уровня большихъ рѣкъ: Эльбы, Рейна, Одера, Везера, Дуная, Вислы и Сены найдено, что среднiй уровень за 3 года около максимума относится къ уровню за 3 года около минимума солнечныхъ пятенъ, какъ 1.26 : 1.18 = 1.07 : 1. Нилъ также показываетъ ясные максимумы въ 1828, 1841, 1849, 1861 и 1870, близкіе къ максимумамъ солнечныхъ пятенъ (1830, 1837, 1848, 1860 и 1870). Соотвѣтственные минимумы приходятся на 1835, 1845, 1857 и 1866 (и 1833, 1843, 1856 и 1867).

Выпаденіе града также бываетъ чаще при максимумахъ сол-

нечныхъ пятенъ, чѣмъ при минимумахъ. Это колебаніе выражается не очень ясно.

Одиннадцатилѣтній періодъ другихъ земныхъ явленій. Мельдрёмъ показалъ, что циклоны между экваторомъ и 25° ю. ши-

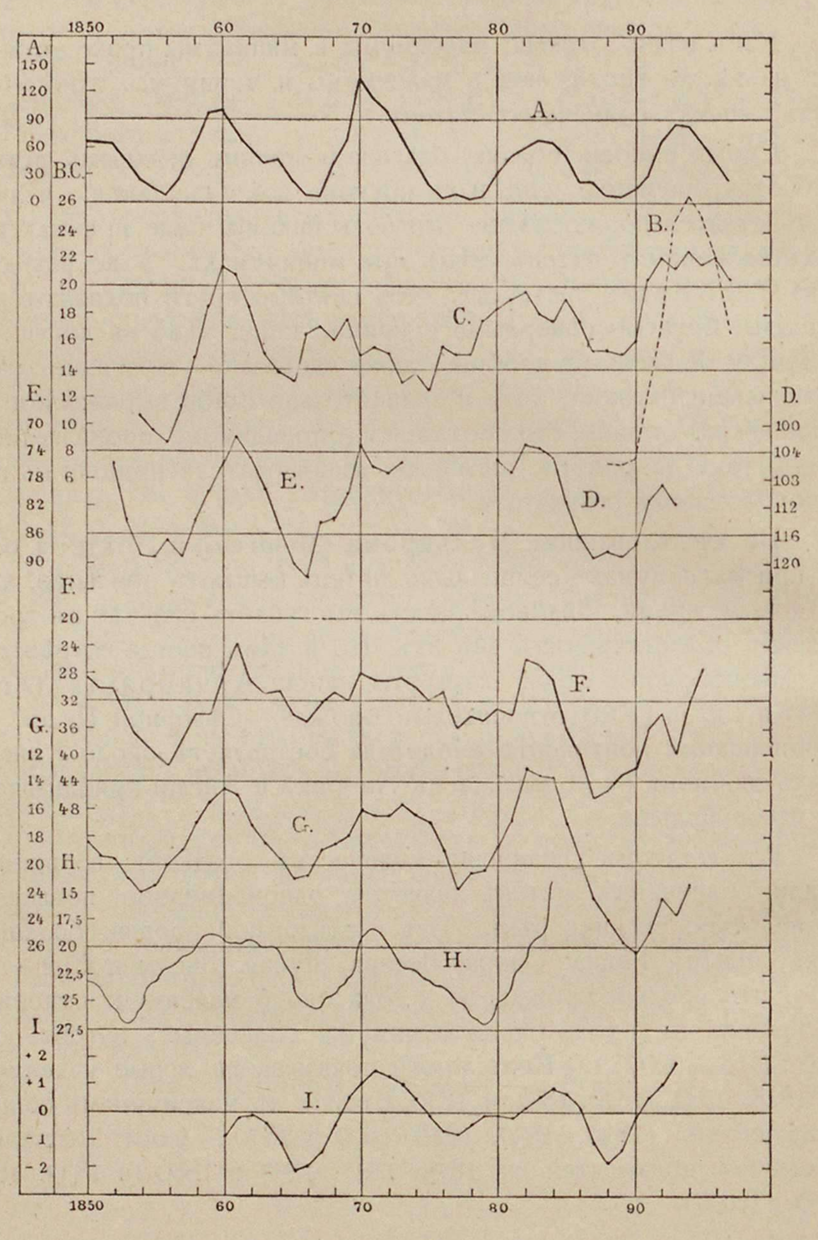


Рис. 49.

роты при максимумахъ солнечныхъ пятенъ бываютъ чаще и сильнѣе, чѣмъ при минимумахъ. Къ тому же результату пришелъ относительно Антильскихъ острововъ Поэй (Poey). Цифры потерь морскихъ страховыхъ обществъ также говорятъ за справедливость результата Мельдрёма. Одно изъ самыхъ странныхъ явленій представляетъ, повидимому, усиленіе дѣятельности вулкановъ во время минимумовъ солнечныхъ пятенъ противъ періодовъ максимумовъ, какъ показали Клуге (Kluge) и Де Марки (De Marchi). По Де Марки варіація происходитъ даже въ отношеніи 2 : 1.

Легко видѣть, что эти метеорологическія вліянія (особенно колебанія температуры и осадковъ) могутъ оказывать дѣйствіе на біологическія соотношенія. Этимъ путемъ искали, вмѣстѣ съ Гершелемъ, связи между солнечными пятнами и жатвою, цѣнами на пшеницу, торговыми кризисами и голодомъ въ Индіи, съ сомнительнымъ, однако, успѣхомъ. Но нѣкоторыя, такъ называемыя фенологическія явленія стоятъ въ явственной, повидимому, связи съ солнечными пятнами. Такъ напримѣръ, время сбора винограда (Маулернъ около Вѣны) наступало въ богатые пятнами годы на 4.6 дней позже, чѣмъ въ годы съ небольшимъ количествомъ пятенъ (7.2 октября и 2.6 октября за время 1754—1853). Повидимому, солнечныя пятна благопріятствуютъ также количеству и качеству выдѣлываемаго вина. Добыча вина въ Нассау показываетъ по Зарторіусу (Sartorius) періодичность, максимумы которой приходятся на слѣдующіе годы:

1704, 1718, 1725, 1738, 1749, 1761, 1773, 1782, 1834, 1847, 1857, 1869, тогда какъ максимумы солнечныхъ пятенъ падали на годы: 1706, 1718, 1728, 1739, 1750, 1761, 1769, 1778, 1837, 1848, 1860, 1870.

Ходъ этой кривой въ 1785—1830 годахъ очень неправиленъ и не очень согласуется съ кривой солнечныхъ пятенъ.

И другія растенія показываютъ подобную зависимость, какъ вытекаетъ изъ кривыхъ рис. 49. Кривая *B* построена Фламмаріономъ (Flammarion) и показываетъ время цвѣтенія благороднаго каштана вблизи Парижа въ различные годы. Чѣмъ выше ордината, тѣмъ раньше наступаетъ время цвѣтенія. Разстояніе между двумя горизонтальными штрихами соотвѣтствуетъ 6 днямъ. Кривая *B* показываетъ, что время цвѣтенія въ 1889 г. наступило 19 днями позже, чѣмъ въ 1894 г. Эта кривая даетъ ходъ, очень согласный съ помѣщенной выше кривой солнечныхъ пятенъ (*A*). То же относится къ кривымъ *D* и *E*, которыя построены по тѣмъ же принципамъ и изображаютъ среднее время цвѣтенія 5 растеній

(Anemone nemorosa—вѣтреница тѣнистая, Tussilago farfara—мать-и-мачиха, Prunus spinosa—тернъ колючій, Chrysantemum Leucanthemum—маргаритка и Rosa canina—шиповникъ) въ округѣ Гентсъ (Hants) въ Англіи, а равно и время цвѣтенія Ribes sanguineum (смородина) возлѣ Эдинбурга. Такова же кривая *C*, представляющая время прилета ласточекъ во Франціи (Муленъ, въ средней Франціи).

Всѣ эти фенологическія явленія связаны самымъ тѣснымъ образомъ съ другимъ метеорологическимъ явленіемъ, именно съ тѣмъ, что весенніе мѣсяцы (въ нашихъ краяхъ) бываютъ теплѣе въ богатые пятнами годы, чѣмъ въ бѣдные ими. Фламмаріонъ нашелъ это для Жювизи (Juvisy) въ средней Франціи. Его наблюденія охватываютъ только сравнительно немного лѣтъ. Къ тому же заключенію приводятъ и шведскія наблюденія 1860—1893 г. Кривая *I* на рис. 49 — самый ясный примѣръ этихъ явленій— представляетъ уклоненія температуры (въ ⁰ *C*) отъ средней величины въ весенніе мѣсяцы (мартъ) въ Сѣверной Швеціи (Норрландѣ). Даты, выравненныя при помощи формулы Галле (Galle) [1], показываютъ поразительное сходство съ ходомъ кривой солнечныхъ пятенъ.

Въ теплую весну снѣжный покровъ таетъ раньше; рѣки также разбиваютъ свой ледяной покровъ раньше. Слѣдовательно, эти явленія должны наступать въ годы, богатые солнечными пятнами, раньше, чѣмъ въ бѣдные ими, какъ и показываетъ кривая *H* на рис. 49, изображающая время (день мѣсяца марта) ледохода рѣки Кумоэльфъ въ Финляндіи за 1850 — 1884 гг. Эти цифры также выравнены при помощи формулы Галле. Согласіе съ кривою солнечныхъ пятенъ выражено очень ясно. (Но такого согласія не было въ началѣ послѣдняго столѣтія, ни для этого, ни для многихъ другихъ явленій).

Причину всѣхъ этихъ явленій слѣдуетъ, по всей вѣроятности, искать въ господствующемъ направленіи вѣтровъ. Если весною господствуютъ южные вѣтры, весна бываетъ мягка. Макъ Дуолль (Mac Dowall) же доказалъ для Гринича, что въ годы, богатые

---

[1]) Пусть a, b, c, d, e, f и g будутъ семь послѣдовательныхъ значеній какой-нибудь величины (напримѣръ, температуры въ 12ч въ семь послѣдовательныхъ дней). Эти величины подвержены большимъ колебаніямъ въ зависимости отъ случайныхъ вліяній. Чтобы исключить часть этихъ колебаній, вычисляютъ по различнымъ формуламъ выравненныя величины. Выравненное по формулѣ Галле значеніе d_1 величины d есть $d_1 = \frac{1}{40}(a + 4b + 9c + 12d + 9e + 4f + g)$. Обычное выравниваніе есть также $d_1 = \frac{1}{5}(b + c + d + e + f)$. *Прим. автора.*

солнечными пятнами, дни съ южными вѣтрами бываютъ весною гораздо чаще, чѣмъ въ годы, бѣдные ими. Кривою *G* представлено число дней съ сѣвернымъ вѣтромъ за три первые мѣсяца, выравненное, какъ и для указанныхъ выше фенологическихъ явленій, такимъ образомъ, что были взяты среднія изъ каждыхъ пяти послѣдовательныхъ величинъ. Кривая начерчена въ обратномъ соотвѣтствіи: сѣверный вѣтеръ былъ тѣмъ рѣже, чѣмъ выше лежитъ въ соотвѣтствующемъ году кривая. Очень близкій ходъ обнаруживаетъ и кривая *F*, дающая число морозныхъ дней вблизи Лондона за три первые мѣсяца года. Эта кривая также начерчена въ обратномъ соотвѣтствіи. Согласіе кривыхъ *F*—*I* очень отчетливо.

Теперь можно пойти дальше и спросить: почему южные вѣтры (въ Англіи и, вѣроятно, также въ Скандинавіи) обнаруживаютъ указанную періодичность? Это можно объяснить только предположеніемъ, что въ богатые солнечными пятнами годы въ первые мѣсяцы года надъ Атлантическимъ океаномъ (къ западу отъ Европы) стоитъ необыкновенно сильный барометрическій минимумъ. Вообще, въ этомъ мѣстѣ имѣется такой минимумъ въ это время года; это происходитъ отъ того, что Гольфстремъ сильно нагрѣваетъ воздухъ по сравненію съ сосѣдними мѣстами. Такимъ образомъ мы приходимъ къ предположенію, что въ богатые солнечными пятнами годы Гольфстремъ бываетъ сильнѣе (въ первые мѣсяцы), чѣмъ въ другое время. Безъ сомнѣнія, это болѣе или менѣе тѣсно связано съ тѣмъ, что въ области Антильскихъ острововъ циклоны проявляются гораздо интенсивнѣе въ богатые солнечными пятнами годы, чѣмъ въ другое время.

Названное явленіе совпаденія мягкихъ веснъ съ годами, богатыми солнечными пятнами, такимъ образомъ, вѣроятно, мѣстное, и въ другихъ мѣстностяхъ эта правильность, какъ легко видѣть, можетъ имѣть противоположный характеръ. Но несмотря на это, явленія эти имѣютъ такое большое значеніе для человѣческой культуры (напримѣръ, для земледѣлія и мореплаванія), что, конечно, заслуживаютъ подробнаго и тщательнаго изученія. Вѣроятно, при подобныхъ изслѣдованіяхъ открылась бы масса чрезвычайно интересныхъ результатовъ.

Приблизительно 26-дневный періодъ. Во многихъ метеорологическихъ явленіяхъ, особенно же въ явленіяхъ земного магнитизма, атмосфернаго электричества, грозъ и полярныхъ сіяній, обнаруживается періодъ, равняющійся не полнымъ 26 (по новымъ опредѣленіямъ 25.929) днямъ. А такъ какъ всѣ явленія на землѣ регулируются почти исключительно солнцемъ, то это дало

основаніе искать періодическое измѣненіе той же продолжительности на солнцѣ. Солнечный періодъ, ближе всего подходящій къ этой продолжительности, есть время его вращенія, и пока его не узнали ближе, предполагали, что эта связь дѣйствительно существуетъ; по длинѣ періода опредѣляли даже время вращенія „точнѣе, чѣмъ при помощи астрономическихъ наблюденій“.

Здѣсь можно принимать во вниманіе лишь періодъ синодическаго вращенія солнца, т. е. время, протекающее между двумя моментами, въ которые съ земли видна какъ разъ та же самая часть солнца. Если S есть длина синодическаго періода вращенія, а U звѣзднаго (сидерическаго), то одинъ годъ содержитъ періодовъ U ровно на 1 больше, чѣмъ періодовъ S. Доказывается это совершенно такъ же, какъ и то, что годъ содержитъ звѣздныхъ сутокъ ровно на 1 больше, чѣмъ обыкновенныхъ (синодическихъ) солнечныхъ. Слѣдовательно, если X будетъ число сидерическихъ оборотовъ солнца въ году, то для вычисленія синодическаго періода вращенія мы получаемъ

$$X\ U = (X-1)\ S = 365.256 \text{ дней.}$$

Отсюда вытекаетъ, что S приблизительно 2 днями длиннѣе, чѣмъ U. Ниже въ маленькой таблицѣ дано, на сколько дней ($S-U$) синодическое время вращенія S превосходитъ сидерическое U, если послѣднее измѣняется между 24 и 40 днями, какъ это имѣетъ мѣсто на солнцѣ:

$U=$ 24	25	26	28	30	35	40	дн.
$S-U=$ 1.69	1.84	1.99	2.32	2.69	3.71	4.80	дн.

Солнечная же фотосфера, собственно обращающій слой, имѣетъ, по Дунéру, время вращенія U между 25.46 днями (на экваторѣ) и 38.55 днями (на 75 градусѣ широты солнца). Слѣдовательно, если бы періодичность метеорологическихъ явленій зависѣла отъ времени вращенія фотосферы, то ея продолжительность была бы между 27.37 и приблизительно 43 днями. Поэтому вращеніе фотосферы не можетъ быть причиной болѣе короткаго періода въ 25.929 дней. Но такъ какъ бо̀льшая часть вліяній, оказываемыхъ солнцемъ, ставится въ связь съ солнечными пятнами, то можно было попытаться узнать, не обладаютъ ли подходящимъ періодомъ явленія, стоящія въ связи съ солнечными пятнами. Далѣе, такъ какъ солнечныя пятна достигаютъ максимума приблизительно на 15° широты, то прежде всего слѣдовало подумать о времени вращенія пятенъ и факеловъ именно на этой широтѣ. Оно составляетъ 25.44 и 25.26 дней, соотвѣт.

ствуя продолжительности синодическаго періода въ 27.34 и 27.13 дней, слѣдовательно, болѣе чѣмъ 25.93 дней. Если поэтому взять величины для вращенія на солнечномъ экваторѣ, которыя для факеловъ, пятенъ и фотосферы составляютъ 24.32, 24.98 и 25.46 дней, то синодическіе періоды вращенія опредѣлятся въ 26.06, 26.82 и 27.37 дней. Первая величина уже значительно ближе совпадаетъ съ длиною періода, о которомъ идетъ рѣчь (25.93 дней). А такъ какъ періодъ вращенія тѣмъ короче, чѣмъ дальше отъ центра солнца [1]), то отсюда видно, что періодомъ вращенія въ 25.93 дней долженъ обладать солнечный слой, лежащій въ экваторіальной области приблизительно на той же высотѣ, какъ и наивысшія части факеловъ (на $\frac{1}{6}$ дальше отъ солнечныхъ пятенъ въ вертикальномъ направленіи, чѣмъ средняя высота факеловъ).

Явленія, имѣющія этотъ періодъ измѣненія, слѣдующія (указаны среднія амплитуды):

Горизонтальная слагающая земного магнитизма	0 2—0.3 проц	(Мэкерстоунъ, Гобартонъ 1844—45).
Склоненіе магнитной стрѣлки	1.2—2.2 минуты дуги	(Прага, Вѣна 1870).
Наклоненіе „ „	0.8 минутъ дуги	(Прага 1870).
Возмущенія склон. „	0 3—0.5 „ „	(Вѣна 1882—83)
„ „ „	1.1 „ „	(Павловскъ 1882—83).
„ сила магнитизма	0.044 проц	„ „
Сѣверныя полярн. сіян. (число наблюденныхъ)	12—25—45 проц.	(Исландія, Швеція, Норвегія)
Южныя полярн. сіян. „ „	100 „	
Грозы	18—29 „	(Швеція, Южная Германія).
Воздушное давленіе	5—3—0.5 мм.	(Мэкерстоунъ, Гобартонъ 1844—45, Прага 1870).

Эту періодичность открылъ Горнштейнъ (Hornstein). Онъ нашелъ, что 1870 г. склоненіе магнитной стрѣлки въ Прагѣ измѣнялось съ періодомъ приблизительно въ 26.5 дней и амплитудой около 1.4′. Шустеръ, подвергшій вычисленія Горнштейна чрезвычайно интересной критикѣ, пришелъ къ выводу, что открытіе Горнштейна очень сомнительно; еще сомнительнѣе онъ считаетъ періодичность другихъ явленій, изслѣдованныхъ Горнштейномъ, именно воздушнаго давленія и горизонтальной слагающей силы земного магнитизма. Напротивъ, въ выводахъ новѣйшихъ изслѣдователей Мюллера (Müller), Лицнара (Liznar) и

---

[1]) Факелы движутся быстрѣе пятенъ, а пятна быстрѣе фотосферы—ср. стр. 130.

Шмидта оказываются замѣчательныя правильности, указывающія на дѣйствительное существованіе приблизительно 26-дневнаго періода. Это мнѣніе подтверждается изслѣдованіями ф. Бецольда (v. Bezold), по которымъ грозы въ Южной Германіи имѣютъ періодъ въ 25.84 дней (1880—87). Гамбергъ (H. E. Hamberg) изслѣдовалъ грозы въ Швеціи (1880—90), чтобы подтвердить результатъ ф. Бецольда, но нашелъ его очень сомнительнымъ.

Послѣ этого Экгольмъ и Арреніусъ изслѣдовали полярныя сіянія и нашли періодъ въ 25.929 дней, очень ясно выраженный въ наблюденіяхъ въ Швеціи и Норвегіи, и въ южныхъ полярныхъ сіяніяхъ. Менѣе ясенъ этотъ періодъ былъ въ сѣверныхъ полярныхъ сіяніяхъ въ Исландіи и Гренландіи и совсѣмъ не замѣтенъ для Сѣверной Америки. Эта періодичность нашла сильное подтвержденіе въ томъ, что грозы Швеціи, распредѣленныя по новому періоду, привели почти къ тому же результату, какъ и грозы южной Германіи. Величина вѣроятныхъ ошибокъ въ амплитудѣ періодовъ показываетъ, что во всѣхъ этихъ случаяхъ періодичность константирована почти достовѣрно.

Но если полярныя сіянія обладаютъ этою періодичностью, то она вѣроятно свойственна также и магнитнымъ возмущеніямъ, такъ близко родственнымъ полярнымъ сіяніямъ. Но подобнаго періода въ числѣ солнечныхъ пятенъ искали напрасно.

И въ такъ называемомъ атмосферномъ электричествѣ также явственно выступаетъ періодичность, если расположить даты по періоду въ 25.929 дней.

Замѣтимъ здѣсь, что какъ полярныя сіянія, такъ и атмосферное электричество (на станціяхъ, находящихся не слишкомъ далеко отъ полюсовъ) показываютъ иную періодичность, именно соотвѣтственную тропическому мѣсяцу [1]), такъ что число полярныхъ сіяній и сила атмосфернаго электричества въ сѣверномъ полушаріи больше всего тогда, когда луна достигаетъ наибольшаго южнаго склоненія (въ южномъ луностояніи). Напротивъ того въ южномъ полушаріи максимумы наступаютъ около времени сѣвернаго луностоянія.

Для атмосфернаго электричества это имѣетъ мѣсто только на станціяхъ, расположенныхъ вблизи полюсовъ (мысъ Тордсенъ на Шпицбергенѣ, мысъ Горнъ), и отчасти въ С.-Петербургѣ и Гельсингфорсѣ. На станціяхъ, расположенныхъ южнѣе, дѣйствіе

[1]) Времени тропическаго обращенія луны, т. е промежутка между двумя послѣдовательными моментами равныхъ долготъ луны.

атмосфернаго электричества очень слабо (Перпиньянъ) и не обнаруживаетъ такой правильности.

Если сопоставить количество солнечныхъ пятенъ и полярныхъ сіяній мѣсяцъ за мѣсяцемъ и день за днемъ, то въ ходѣ обоихъ явленій яснаго сходства не оказывается.

Теоретическія соображенія. Для того, чтобы понять несомнѣнное вліяніе солнца на полярныя сіянія и возмущенія земного магнитизма, можно представить себѣ слѣдующее: при изверженіяхъ на солнцѣ въ крайне разрѣженномъ газовомъ слоѣ короны вслѣдствіе конденсаціи газовъ образуются небольшія жидкія и твердыя частицы. Согласно новымъ изслѣдованіямъ, можно получить жидкій слой въ 5 μμ толщины. Слѣдовательно, вполнѣ мыслимо, что въ природѣ могутъ встрѣчаться капельки столь же небольшого діаметра. А такъ какъ непрозрачныя капельки съ діаметромъ въ 1500, 600, 220 μμ, обладающія удѣльнымъ вѣсомъ воды, гранита и желѣза (соотвѣтственно), отталкиваются солнечными лучами такъ же сильно, какъ и притягиваются его тяготѣніемъ, то еще меньшія капельки должны отбрасываться съ силою, увеличивающейся съ уменьшеніемъ капелекъ (ср. стр. 12). Если частицы отражаютъ свѣтъ, отталкиваніе усиливается. Вслѣдствіе этого при изверженіи изъ солнца маленькія частички уходятъ въ міровое пространство впереди большихъ. Точно то же явленіе наблюдается и въ кометныхъ хвостахъ, которые, подобно веществу короны, состоятъ изъ твердыхъ или жидкихъ частицъ. Изъ кривизны кометныхъ хвостовъ можно вывести, что отталкиваніе частицъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія, какъ это слѣдуетъ изъ закона напряженности лучеиспусканія. Отталкиваніе вычислялось въ различныхъ случаяхъ по величинѣ названной кривизны и найдено равнымъ 18.5, 3.2, 2.0 и 1.5 силы тяжести. Вслѣдствіе преобладанія углеводородовъ въ кометахъ есть много основаній принимать, что капельки кометныхъ хвостовъ состоятъ изъ углеводородовъ. Удѣльный вѣсъ ихъ вообще около 0.6—1.0. Такимъ образомъ изъ упомянутыхъ выше величинъ отталкиванія послѣднія легко объясняются давленіемъ излученія; не то, однако, относительно первой (18.5). Скорѣе нужно было бы думать, что въ этомъ случаѣ капельки углеводородовъ тепломъ солнца сводятся къ своему, если можно такъ выразиться, легкому угольному остову.

Слѣдовательно, во всѣ стороны отъ солнца стремятся частички пыли, направленія движеній которыхъ опредѣляются сначала атмосферными теченіями солнца, а послѣ должны приближаться къ прямой линіи, проходящей черезъ центръ солнца. Вѣ-

роятно, вслѣдствіе медленнаго вращенія солнца вокругъ оси, эти истеченія, подобно тѣмъ, которыя исходятъ изъ кометныхъ хвостовъ, слабо искривлены, но мы не можемъ замѣтить этой кривизны, такъ какъ земля лежитъ недалеко отъ плоскости солнечнаго экватора. Эти потоки солнечной пыли образуютъ, вѣроятно, тѣ своеобразные лучи внѣшней короны, которые простираются главнымъ образомъ надъ областями максимальныхъ пертурбацій на солнцѣ.

Далѣе, въ высшей степени правдоподобно, что эти капельки наэлектризованы, и притомъ отрицательно. Именно, при изверженіяхъ на солнцѣ возникаютъ, какъ полагалъ Цёльнеръ, а до него Респиги (Respighi) и Таккини, могучія образованія и разряды электричества, какъ при вулканическихъ изверженіяхъ на землѣ. Нужно предполагать только, что на солнцѣ все это происходитъ въ гораздо бо̀льшемъ масштабѣ.

Вслѣдствіе этихъ разрядовъ, происходящихъ особенно во внѣшнихъ частяхъ солнечной атмосферы, возникаютъ катодные лучи. Послѣдніе обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ дѣлать газы электропроводными, разлагая ихъ молекулы на положительные и отрицательные іоны. Эти іоны опять-таки обладаютъ по изслѣдованіямъ Дж. Дж. Томсона (J. J. Thomson) и его ученика Вильсона (C. T. R. Wilson) важнымъ свойствомъ служить центрами конденсаціи для газовъ, переходящихъ въ жидкое состояніе. Притомъ отрицательно заряженные іоны дѣйствуютъ въ отношеніи конденсаціи много сильнѣе, чѣмъ положительные іоны.

Поэтому выброшенные изъ солнца газы даютъ при своей конденсанціи преимущественно, если не исключительно, капельки, заряженныя отрицательно. Самыя крупныя изъ нихъ падаютъ обратно на солнце и сообщаютъ ему отрицательный зарядъ, другія выбрасываются въ пространство, а внѣшнія части солнечной атмосферы сохраняютъ сильный положительный зарядъ.

Такимъ образомъ, выброшенныя отрицательныя капельки подчиняются не только тяготѣнію и отталкиванію вслѣдствіе излученія, но и силамъ электрическимъ, стремящимся привести ихъ обратно на солнце. Но всѣ эти силы дѣйствуютъ по одному и тому же закону обратной пропорціональности квадрату разстоянія отъ центра солнца, слѣдовательно, и ихъ результирующая будетъ дѣйствовать такимъ же образомъ.

Эта солнечная пыль изверженіями съ поверхности солнца разносится по всѣмъ направленіямъ въ пространство. Для того, чтобы подобная частичка достигла земли черезъ 20—30 часовъ, какъ это думаютъ Маундеръ и Рикко̀, общая отталкивающая

сила должна приблизительно въ 3.5—2.3 раза превосходить силу тяготѣнія.

Естественно, что эти капельки перехватываютъ часть солнечнаго свѣта и превращаютъ его въ теплоту. Но легко показать, что онѣ движутся на небольшомъ разстояніи (около 10 солнечныхъ діаметровъ) и далѣе съ почти постоянною скоростью. Отсюда слѣдуетъ, что на бо̀льшихъ разстояніяхъ (около $\frac{1}{8}$ орбиты Меркурія) поглощеніе свѣта составляетъ только небольшую часть того количества свѣта, которое поглощается на меньшемъ разстояніи. Слѣдовательно, на бо̀льшихъ разстояніяхъ солнечное излученіе можно считать почти совершенно не ослабленнымъ.

Подобнымъ же образомъ можно заключить, что массы этихъ капелекъ слишкомъ незначительны для того, чтобы производить возмущенія планетныхъ движеній въ солнечной системѣ.

Нѣкоторыя изъ этихъ отрицательно-заряженныхъ капелекъ достигаютъ земной атмосферы и задерживаются ея высшими слоями, какъ и падающія звѣзды. Какъ и солнечные лучи, большинство ихъ падаетъ тамъ, гдѣ солнце стоитъ выше всего, т. е. между тропиками; очень немногія падаютъ въ полярныхъ областяхъ. Вслѣдствіе этого высшіе слои атмосферы сильно заряжены отрицательными частицами. Послѣднія переносятся вѣтрами въ болѣе высокія широты. Вслѣдствіе возникающаго такимъ образомъ отрицательнаго заряда верхнихъ воздушныхъ слоевъ происходятъ разряды и въ этихъ слояхъ образуются катодные лучи.

Недавно Паульсенъ (Paulsen) доказалъ въ своемъ изслѣдованіи полярныхъ сіяній, что послѣднія обладаютъ особенностями катодныхъ лучей. Онъ оставилъ безъ отвѣта трудный вопросъ, отчего происходитъ катодное излученіе высшихъ воздушныхъ слоевъ. Между тѣмъ это затрудненіе совершенно устраняется изложенной выше гипотезой.

Катодные лучи обнаруживаютъ стремленіе располагаться параллельно силовымъ линіямъ магнитнаго поля. Слѣдовательно, вблизи экватора онѣ остаются на высотѣ, оріентируясь въ направленіи магнитныхъ силовыхъ линій, параллельныхъ поверхности земли. Но въ очень разрѣженномъ воздухѣ пути катодныхъ лучей трудно видимы. Вслѣдствіе этого полярныя сіянія должны быть рѣдки вблизи экватора; всего же чаще они будутъ на извѣстномъ разстояніи отъ полюса, гдѣ катодные лучи проникаютъ въ достаточно глубокіе слои и фосфоресцирующая масса воздуха можетъ дать болѣе сильное свѣченіе. Такимъ образомъ полу-

чается кольцо, окружающее сѣверный и магнитный полюсы, гдѣ полярныя сіянія бываютъ чаще всего. Далѣе, отсюда ясно, что высота полярныхъ сіяній надъ поверхностью земли будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ полюса, что и согласуется съ наблюденіемъ.

Допустимъ теперь, что напряженность солнечной дѣятельности колеблется; отсюда будетъ слѣдовать, что въ богатые изверженіями годы полярныхъ сіяній должно быть больше, чѣмъ въ другіе. Очевидно, повышенная солнечная дѣятельность должна весьма благопріятствовать электрическимъ разрядамъ въ верхнихъ воздушныхъ слояхъ, происходящимъ относительно близко къ экватору. Вслѣдствіе же переноса частицъ вѣтромъ должны возникать электрическіе токи, вызывающіе магнитныя возмущенія. Въ послѣднихъ можно отчетливо видѣть вліяніе направленій вѣтровъ, господствующихъ въ верхнихъ слояхъ. Далѣе, легко допустить, что на поверхности солнца существуютъ нѣкоторые центры дѣятельности, чѣмъ объяснится 25.93-дневный періодъ,— періодъ вращенія солнца на экваторѣ. Ибо частички пыли, достигающія насъ, выброшены главнымъ образомъ расположенными противъ насъ частями солнца, т. е. близкими къ солнечному экватору.

Полярныя сіянія имѣютъ годичный періодъ съ максимумами въ мартѣ и сентябрѣ. Въ это время земля отстоитъ всего дальше отъ узловъ солнечнаго экватора. Дѣятельность же солнца имѣетъ нѣкоторый минимумъ на солнечномъ экваторѣ, а земля находится въ плоскости солнечнаго экватора 5 декабря и 3 іюня. Весенній максимумъ, при которомъ земля стоитъ противъ южной половины солнца, гдѣ количество пятенъ и факеловъ между 0° и 10° широты меньше, чѣмъ на сѣверной (ср. стр. 133), повидимому, нѣсколько слабѣе осенняго максимума.

Вслѣдствіе отталкиванія солнечнымъ излученіемъ частицъ пыли вблизи экватора отрицательный зарядъ земной поверхности распространяется оттуда на неосвѣщаемую половину земли. Слѣдовательно, отрицательный зарядъ земной поверхности, такъ называемое атмосферное электричество, будетъ сильнѣе зимою и ночью, чѣмъ лѣтомъ и днемъ. Отрицательный зарядъ земли происходитъ, вѣроятно, отъ приносимыхъ дождемъ отрицательныхъ іоновъ изъ воздуха, іонизованнаго сѣверными сіяніями. Большее количество высоко плавающихъ перистыхъ облаковъ въ годы, богатые солнечными пятнами, легко объясняется конденсирующимъ вліяніемъ іонизованнаго воздуха.

При такомъ взглядѣ становятся понятными суточное измѣненіе земной магнитной силы и ея одиннадцатилѣтнія колебанія.

Естественно, что отталкиваніе отрицательнаго электричества излученіемъ не можетъ продолжаться безконечно безъ того, чтобы не началось его разсѣяніе. Но мы знаемъ относительно отрицательно заряженныхъ тѣлъ, что они медленно теряютъ свой зарядъ при освѣщеніи ультрафіолетовымъ свѣтомъ. Безъ сомнѣнія, это отчасти происходитъ отъ того, что окружающіе газы, сквозь которые проходитъ ультрафіолетовый свѣтъ, нѣсколько разлагаются на свои іоны. Въ солнечномъ свѣтѣ ультрафіолетовыхъ лучей очень много и хотя, вслѣдствіе колоссальнаго разрѣженія воздуха въ слояхъ, содержащихъ солнечную пыль, его проводимость чрезвычайно мала, тѣмъ не менѣе, при достаточно большомъ зарядѣ, разрядъ будетъ происходить съ тою же силою, какъ и заряженіе. Этотъ зарядъ притягиваетъ положительные іоны воздуха, тогда какъ отрицательные удаляются и уходятъ въ міровое пространство, вначалѣ въ направленіи земного радіуса. Часть этихъ іоновъ конденсируетъ небольшія капельки изъ окружающихъ газовъ (которые содержатъ углекислоту и всегда, конечно, немного водяныхъ паровъ) и подвергается затѣмъ отталкивающему дѣйствію солнечнаго излученія; вслѣдствіе этого ихъ орбиты постепенно измѣняются и въ концѣ концовъ переходятъ почти въ прямолинейныя, направленныя отъ солнца, какъ показываетъ рис. 50.

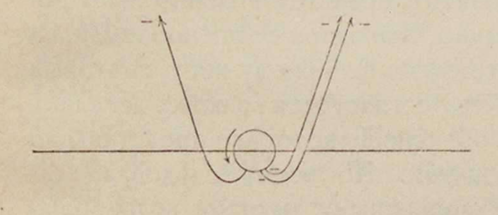


Рис. 50. По срединѣ земля, налѣво утренняя половина, направо вечерняя. Внизу солнце.

А такъ какъ наиболѣе сильный зарядъ происходитъ какъ разъ тамъ, гдѣ солнце стоитъ выше всего, и тамъ же получается и наиболѣе сильное ультрафіолетовое излученіе, то и разрядъ будетъ обладать максимумомъ въ плоскости эклиптики. Равнымъ образомъ тамъ же, благодаря большой влажности восходящихъ воздушныхъ теченій, будутъ самыя благопріятныя условія для конденсаціи. Вслѣдствіе этого въ плоскости эклиптики (въ плоскости бумаги на рис. 50) будетъ рѣзкій максимумъ количества отрицательно заряженныхъ частичекъ. Такимъ образомъ получится впечатлѣніе, что изъ окрестностей двухъ точекъ, въ которыхъ эклиптика пересѣкаетъ край освѣщенной половины земли, исходятъ

два подобныхъ кометнымъ хвостамъ пучка свѣта въ плоскости эклиптики, по направленію къ ночной сторонѣ земли. Эти пучки свѣта довольно быстро ослабѣваютъ по сторонамъ и вверхъ надъ горизонтомъ (послѣднее вслѣдствіе увеличенія разстоянія). Тамъ, гдѣ оба пучка свѣта кажутся сходящимися, т. е. діаметрально противоположно солнцу, возникаетъ въ силу перспективы такъ называемый „Отблескъ“ (Gegenschein). Этотъ „отблескъ“ усиливается падающими обратно на солнце частичками, которыя образуются отъ столкновенія двухъ или бо̀льшаго числа капелекъ и потому дѣлаются слишкомъ велики для того, чтобы солнечные лучи могли преодолѣвать ихъ тяготѣніе къ солнцу.

Легко видѣть, что, изображенный на рис. 50, правый пучокъ будетъ содержать больше частицъ, чѣмъ лѣвый. Ибо въ теченіе дня на освѣщенной сторонѣ земли скопляется все большій зарядъ и наоборотъ, на неосвѣщенной, благодаря возвращающимся обратно къ солнцу частичкамъ, остается сравнительно незначительный зарядъ. Слѣдовательно, благодаря вращенію земли, на правой сторонѣ, которая соотвѣтствуетъ вечернему небу, свѣтовыя явленія должны быть сильнѣе. Это согласуется во всѣхъ деталяхъ съ видомъ зодіакальнаго свѣта, объясненіе котораго представляло до сихъ поръ такъ много затрудненій. По всему слѣдовало бы предполагать, что въ богатые солнечными пятнами годы зодіакальный свѣтъ развивается сильнѣе, чѣмъ въ бѣдные; но имѣются данныя противоположнаго характера, которыя, впрочемъ, считаются очень сомнительными. Быть можетъ, эти данныя получились благодаря тому, что въ годы, богатые солнечными пятнами, небо бываетъ менѣе чисто, чѣмъ въ годы бѣдные.

Согласно этому взгляду, всѣ небесныя тѣла въ солнечной системѣ имѣютъ непосредственно за собой нѣчто въ родѣ хвоста, состоящаго изъ отрицательныхъ іоновъ ихъ атмосферы, съ конденсированными на нихъ небольшими капельками. Смотря по величинѣ капелекъ, эти хвосты будутъ направлены къ солнцу или отъ него. Въ случаѣ, если вокругъ этихъ іоновъ не возникаетъ никакой конденсаціи, они должны стекать съ освѣщенной стороны небеснаго тѣла въ направленіи радіусовъ планеты.

Вслѣдствіе отрицательнаго заряда небесныхъ тѣлъ пути нѣкоторыхъ идущихъ отъ солнца отрицательно заряженныхъ частицъ, проходящихъ вблизи этихъ небесныхъ тѣлъ, будутъ искривляться, такъ что эти частички будутъ описывать гиперболическія дуги. Позади небесныхъ тѣлъ (если смотрѣть съ солнца) образуется родъ электрической тѣни, свободной отъ отрицательныхъ части-

чекъ—нѣкоторое подобіе оси кометнаго хвоста. Напротивъ, по сторонамъ этой тѣни будетъ происходить относительное накопленіе заряженныхъ частицъ. Точно такимъ же образомъ солнечная пыль, возвращающаяся къ солнцу, будетъ отклоняться въ своей орбитѣ небесными тѣлами и образуетъ родъ тѣни и на солнечной сторонѣ небеснаго тѣла.

Такимъ образомъ становится возможнымъ объяснить электрическое и магнитное дѣйствіе луны на землю. Иногда даже наблюдали, казалось, при лунныхъ затменіяхъ, что тѣнь земли была видима возлѣ луны[1]). Это объясняли какъ тѣнь земли на находящейся вблизи луны пыли. Раньше думали, что эта пыль происходитъ отъ земли, но вѣроятно отчасти она исходитъ отъ луны, или же отъ солнца.

Происхожденіе метеоритовъ. Если солнце день за днемъ разсылаетъ во всѣ стороны заряженныя капельки и то же происходитъ, равнымъ образомъ, и съ другими неподвижными звѣздами, то со временемъ масса вещества должна отниматься у солнцъ и распредѣляться въ небесномъ пространствѣ. Этотъ процессъ долженъ протекать очень медленно, такъ какъ ночное небо не имѣетъ даже приблизитеьлно яркости кометныхъ хвостовъ, а послѣдніе отличаются своей невообразимо ничтожной массой; но все же въ теченіе безконечно долгаго времени солнца должны сильно уменьшаться. Несравненно большая часть капелекъ, безъ сомнѣнія, падаетъ обратно, не отошедши далеко отъ солнца, и именно тѣ изъ нихъ, которыя слишкомъ велики и не могутъ быть оттолкнуты, потому ли, что онѣ съ самаго начала имѣли такую величину или потому, что получили ее вслѣдствіе продолжавшейся конденсаціи или столкновенія съ подобными же частичками. Согласно Шварцшильду, капельки ниже извѣстной величины также падаютъ обратно на солнце. Капельки могутъ получать такіе небольшіе размѣры, напримѣръ, вслѣдствіе испаренія. Эти частички и образуютъ, конечно, главную массу твердыхъ частей солнечной короны.

Какъ вслѣдствіе этого возвращенія частичекъ на солнце, такъ и вслѣдствіе ускоренія движенія солнечной пыли вблизи солнца, послѣдняя должна рѣдѣть съ возростаніемъ разстоянія отъ солнца быстрѣе, чѣмъ пропорціонально квадрату разстоянія отъ солнечнаго центра.

Нѣсколько далѣе столкновенія становятся относительно рѣже. Но во всякомъ случаѣ они происходятъ то здѣсь, то тамъ.

[1]) На фонѣ неба внѣ ея диска

Ничтожная доля частичекъ перехватывается планетами, спутниками и кометами. Но большинство частичекъ продолжаетъ свой путь въ безконечное пространство. Часть ихъ падаетъ на другія небесныя тѣла и по преимуществу именно на тѣ, которыя обладаютъ наибольшею поверхностью. Таковыми, безъ сомнѣнія, являются туманности, и мы можемъ, благодаря этому, понять, почему послѣднія, несмотря на очень низкую температуру, могутъ испускать свѣтъ вслѣдствіе вводимыхъ въ нихъ отрицательныхъ зарядовъ (ср. стр. 44). Появленіе туманности вокругъ Nova Persei показываетъ, что туманности видимы только тамъ, гдѣ въ пространствѣ носится достаточно большое количество пыли, заряженной электричествомъ.

Другая часть сталкивается съ подобными же частичками, причемъ тѣ изъ нихъ, которыя обладаютъ наименьшею скоростью, возвращаются обратно къ источнику, изъ котораго онѣ вышли. Другія, вслѣдствіе своей большой скорости, выходятъ изъ области притяженія этого источника, постепенно увеличиваются, благодаря столкновеніямъ, и наконецъ образуютъ самостоятельные центры притяженія. Вначалѣ главную роль въ соединеніи этихъ аггрегатовъ играютъ, конечно, капиллярныя силы. Углеводороды, которые, вѣроятно, имѣются всюду въ пространствѣ и особенно вблизи солнца, хотя и въ чрезвычайно разрѣженномъ видѣ, или другіе способные конденсироваться газы, осѣвшіе на капелькѣ, служатъ при этомъ склейкой, а съ теченіемъ времени и растворяющей средой, благодаря чему можетъ происходить сращиваніе. Когда такимъ путемъ соберутся бо̀льшія количества, электрическій зарядъ долженъ былъ бы мѣшать дальнѣйшему росту, еслибы онъ не исчезалъ постепенно подъ дѣйствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей. По изслѣдованіямъ Ленарда (Lenard) разрядъ принимаетъ при этомъ форму катодныхъ лучей. Такіе лучи высылаются и разрядами, происходящими въ туманностяхъ. Эти катодные лучи захватываются солнцами, заряженными положительно, и такимъ образомъ возникаетъ постоянный круговоротъ отрицательнаго электричества.

Когда соединяются лишь болѣе значительныя крупинки, онѣ могутъ сливаться только въ слабой степени. По Норденшёльду (Nordenskiöld) для метеоритовъ является характерной чрезвычайно слабая внутренняя связь. Ихъ часто можно раздробить давленіемъ пальцевъ, что дало поводъ Норденшёльду употребить нѣсколько рѣшительное выраженіе, что метеориты должны наростать „атомъ за атомомъ“. Добрэ (Daubrée) также обращаетъ вниманіе на эту характерную особенность. Именно,

если расплавить въ огнѣ каменный метеоритъ, то по охлажденіи получается собраніе большихъ кристалловъ отдѣльныхъ составныхъ частей. Дѣйствительный же метеоритъ состоитъ изъ маленькихъ сливающихся кристалловъ силикатовъ, между которыми неправильно вкраплены безчисленныя зернышки желѣза. Слѣдовательно, метеоритъ не можетъ состоять изъ расплавленнаго, а затѣмъ отвердѣвшаго цѣльнаго куска, но его части должны были перейти въ твердое состояніе каждая частица сама по себѣ и затѣмъ уже соединиться въ одно. Это совершенно согласуется съ представленіемъ о томъ, какимъ образомъ капельки, выброшенныя изъ солнца, собираются въ бо̀льшіе куски. Поэтому легко предположить, что такимъ именно образомъ и возникаютъ метеориты, а съ ними и вещество кометъ.

Кометы, подходя къ солнцу, снова испаряютъ летучія вещества, какъ углеводороды, которые тотчасъ же конденсируются и служатъ для образованія кометныхъ хвостовъ. Вещество хвостовъ, въ свою очередь, отталкивается солнечными лучами и уходитъ въ безконечное пространство. Главныя же части кометъ, въ видѣ падающихъ звѣздъ и метеоритовъ, постепенно захватываются бо̀льшими небесными тѣлами—солнцами и планетами.

Такимъ образомъ получается обмѣнъ вещества между небесными тѣлами, хотя и чрезвычайно медленный. Отчасти въ видѣ метеоритовъ къ солнцамъ доходятъ тѣла, происходящія въ большей или меньшей части отъ другихъ солнцъ. Но вообще солнца теряютъ вещество, тогда какъ болѣе холодныя небесныя тѣла, прежде всего туманности, его пріобрѣтаютъ. Это происходитъ по тому всеобщему закону, что матерія переходитъ отъ теплыхъ мѣстъ къ холоднымъ.

Этимъ способомъ въ безконечности времени сглаживается постепенно неравномѣрность состава небесныхъ тѣлъ. Естественно, что различныя вещества оказываются въ различной степени способными къ такому переносу. Преимущество оказывается на сторонѣ тѣхъ изъ нихъ, которыя легко конденсируются. Въ этомъ отношеніи выдающуюся роль играютъ углеводороды.

Поэтому неудивительно, что они, какъ будетъ сказано ниже, встрѣчаются въ кометахъ чаще всего. Наоборотъ, можно предполагать, что тѣло, подобное гелію, очень мало способно къ переносу, такъ какъ онъ почти совершенно не конденсируется и не образуетъ никакихъ (конденсируемыхъ) соединеній. Однако, въ метеорныхъ камняхъ встрѣчается поглощенный гелій, естественно,

только въ очень небольшомъ количествѣ. Какъ было указано выше, гелій (въ противоположность водороду) въ звѣздахъ также распредѣленъ довольно неравномѣрно.

Теплота солнца. Такъ какъ солнце теряетъ ежегодно 2 калоріи тепла на каждый граммъ своей массы, то оно не можетъ долго выносить эти громадныя потери безъ сильнаго пониженія температуры. Еслибы его температура равнялась въ среднемъ 10 милліонамъ градусовъ, а удѣльная теплоемкость была вдвое больше, чѣмъ у воды (какъ извѣстно, удѣльная теплоемкость тѣлъ съ температурою повышается), то все таки оно не могло бы сохранить своего излученія при настоящемъ его расходѣ въ теченіе 10 милліоновъ лѣтъ. Геологи же на основаніи своихъ изслѣдованій заключаютъ, что жизнь на землѣ существуетъ по крайней мѣрѣ 10 милліоновъ лѣтъ, и въ теченіе этого періода солнечное излученіе не измѣнилось особенно сильно. А такъ какъ, по закону Стефана, тепловое излученіе возростаетъ пропорціонально четвертой степени абсолютной температуры, то нынѣшнее излученіе тепла должно составлять только долю одного процента первоначальнаго излученія. Но это, конечно, невозможно; возникаетъ, такимъ образомъ, вопросъ, откуда беретъ солнце то огромное количество тепла, которое оно расходуетъ въ холодное міровое пространство и только одна 2 200 000 000-ая часть котораго перепадаетъ на долю земли.

На этотъ вопросъ знаменитый основатель механической теоріи теплоты Роб. Майеръ (Rob. Mayer) отвѣтилъ такъ: небесныя тѣла, падающія на солнце, обладаютъ большою скоростью, которая при паденіи и переходитъ въ теплоту. Такимъ образомъ, солнце можетъ сохранять свою температуру постоянной, если метеориты будутъ постоянно питать его. Планеты также должны постепенно возвратиться въ материнское лоно солнца и, пожертвовавъ собственнымъ существованіемъ, поддержать, но только на короткое время, силу своей матери (Майеръ нашелъ для земли неполныхъ 100 лѣтъ). Такъ какъ масса солнца приблизительно въ 324 000 разъ больше массы земли, то для поддержанія солнечной теплоты впродолженіи 10 милліоновъ лѣтъ на солнце должна была упасть масса, составляющая приблизительно одну треть солнечной массы. Но наблюденіе показываетъ, что вблизи солнца (въ нашей планетной системѣ) не встрѣчается достаточнаго количества метеорныхъ массъ. И почему летающіе по всѣмъ направленіямъ метеориты должны встрѣчаться скорѣе съ солнцемъ, нежели съ планетами? Послѣднія такъ же, какъ и солнце, должны были бы

нагрѣваться отъ паденія метеоровъ. Противъ гипотезы Майера было высказано и то, что скорость вращенія солнца вслѣдствіе паденія метеоровъ должна была бы уменьшаться (на одну тысячную приблизительно въ 30 лѣтъ) и со временемъ уничтожиться совершенно (ср., однако, стр. 130).

Выходъ изъ этихъ затрудненій нашелъ Гельмгольцъ (Helmholtz). Онъ обратилъ вниманіе на большой запасъ энергіи, который долженъ освобождаться вслѣдствіе паденія самой солнечной массы, т. е. вслѣдствіе ея сжатія. Если бы солнечная масса упала на $2 \times 426 : 27.4 = 31.1$ метра, то этого было бы достаточно для нагрѣванія каждаго грамма солнечной массы на 2 калоріи, такъ какъ 1 кал. соотвѣтствуетъ 426 граммометрамъ, а сила тяжести на солнцѣ дѣйствуетъ въ 27.4 разъ сильнѣе, чѣмъ на землѣ. Эта цифра имѣетъ мѣсто для поверхности. А такъ какъ глубоко лежащія части падаютъ на меньшую величину и отчасти притягиваются слабѣе, то для сжатія, которое необходимо для поддержанія солнечной энергіи, получаются бо̀льшія цифры. Гельмгольцъ вычислилъ, что для покрытія расхода теплоты, было бы достаточно уменьшенія солнечнаго радіуса на 6 кл. въ столѣтіе. Замѣтить такое сжатіе при помощи астрономическихъ измѣреній было бы совершенно невозможно. Въ прежнія времена, когда солнце имѣло гораздо большій діаметръ и вслѣдствіе этого сила тяжести на солнцѣ и внутри его была гораздо меньше, чѣмъ теперь, сжатіе должно было идти много быстрѣе. Еслибы солнце имѣло сначала безконечные размѣры, а затѣмъ уменьшилось до своей теперешней величины, то полученнаго количества тепла не хватило бы на покрытіе расхода солнечнаго тепла, такого какъ теперь, болѣе, чѣмъ на 10 милліонновъ лѣтъ приблизительно. И еслибы солнце сжалось до того, что достигло плотности земли, т. е. приблизительно до четверти его нынѣшняго объема, то полученной такимъ образомъ теплоты хватило бы приблизительно на 17 милліоновъ лѣтъ. Но уже задолго до этого слѣдовало бы ожидать, что солнце покроется твердою корою, и, благодаря этому, его лучеиспусканіе понизится такъ сильно, что жизнь на землѣ прекратится. Поэтому Гельмгольцъ оцѣнилъ продолжительность настоящаго состоянія не болѣе 6 милліоновъ лѣтъ.

Вычисленіе Гельмгольца было повторено въ новѣйшее время лордомъ Кельвиномъ съ лучшими данными, полученными за это время измѣрительной физикой. Правда, при этомъ получилось небольшое повышеніе, приблизительно въ 25 процентовъ,

противъ цифръ Гельмгольца. Но все таки мы должны признать, что продолжительность существованія жизни въ 15 милліоновъ лѣтъ до насъ и почти вполовину этого послѣ нашего времени, слишкомъ мала. Геологи также ни въ какомъ случаѣ не могутъ удовлетвориться результатами вычисленія лорда Кельвина, и въ кругахъ натуралистовъ Англіи по этому вопросу возникли горячіе споры. Повидимому, все болѣе приходится склониться къ тому, что правы геологи и что, слѣдовательно, наиболѣе мощный источникъ солнечной теплоты Гельмгольцемъ найденъ не былъ.

Раньше всего солнечную теплоту пробовали объяснить химическими процессами. Правда, теплота химическихъ соединеній является на землѣ самымъ важнымъ источникомъ тепла, съ которымъ отнюдь не могутъ сравниться источники тепла, питаемые приложеніемъ механической энергіи. Но если мы представимъ себѣ, что солнце состоитъ изъ угля, то его сгоранія въ углекислоту было бы достаточно только для того, чтобы развить около 8000 кал. на каждый граммъ. Это количество теплоты могло бы покрыть тепловой расходъ солнца не болѣе, чѣмъ на 4000 лѣтъ. Этотъ разсчетъ удержалъ большинство отъ дальнѣйшихъ попытокъ въ этой области. Только французскій астрономъ Фэ думалъ, что значеніе химическихъ процессовъ все таки нужно принимать въ разсчетъ. Онъ говорилъ: внутри солнца, вслѣдствіе высокой температуры, все разложено на элементарныя составныя части. Но если разложенныя тѣла (атомы) достигаютъ поверхности солнца, то тамъ они, при сравнительно низкой температурѣ, соединяются и развиваютъ значительныя количества тепла. Этотъ взглядъ, однако, совершенно не выдерживаетъ критики. Либо вновь образовавшіяся химическія соединенія погружаются опять по истеченіи нѣкотораго времени внутрь солнца и снова распадаются на атомы, на что, слѣдовательно, расходуется ровно столько же теплоты, сколько ея было создано при ихъ образованіи, либо же эти соединенія остаются на поверхности солнца, и тогда наружныя части солнца должны состоять изъ плотнаго слоя химически связанныхъ тѣлъ. Но подобныя соединенія даютъ, какъ и красныя здѣзды, желобчатые спектры. А этого какъ разъ нѣтъ въ солнечной атмосферѣ,—именно, въ ея внѣшнихъ слояхъ и существуютъ не связанные газы химическихъ элементовъ. Кромѣ того, получаемая энергія была бы и въ этомъ случаѣ, вѣроятно, совершенно недостаточна. Ибо на основаніи единственной попытки вычислить теплоту диссоціаціи

тѣла при распаденіи его молекулъ H_2 и J_2 на атомы $2H$ и $2J$, сдѣланной Видеманомъ и Больцманомъ (E. Wiedemann и Boltzmann), это количество теплоты составляетъ 126 000 и 28 500 кал., слѣдовательно, того же порядка величины, что и теплота сгоранія водорода, 58 000 кал. на 2 грамма H_2. Многія обстоятельства, какъ существованіе разъединенныхъ атомовъ металловъ при очень низкихъ температурахъ, какъ показали опыты Таммана (Tamman) замораживанія на амальгамахъ, указываютъ на то, что у металловъ при распаденіи молекулъ, состоящихъ изъ многихъ атомовъ, выдѣленіе тепла должно быть въ высшей степени малое, быть можетъ, даже отрицательное (т. е. поглощеніе). Все указываетъ на то, что этотъ источникъ энергіи не можетъ быть значительно богаче того, который мы изслѣдовали раньше, когда предполагали, что солнечная теплота, быть можетъ, образуется процессами горѣнія.

Въ тѣхъ частяхъ солнца, которыя преимущественно доступны наблюденію, именно въ слояхъ газовъ надъ фотосферою, господствуютъ почти тѣ же соотношенія, которыя мы можемъ реализовать на землѣ при высокихъ температурахъ. Температура не очень много выше той, какой мы можемъ достигнуть (въ 2—3 раза); давленіе колеблется, по немногимъ имѣющимся измѣреніямъ его, между нѣсколькими атмосферами (непосредственно надъ самою фотосферою) и долями миллиметра ртутнаго столба (во внѣшней хромосферѣ). Поэтому мы имѣемъ всѣ основанія прилагать результаты нашихъ лабораторныхъ опытовъ и къ соотношеніямъ на солнцѣ. Всѣ металлическія соединенія распадаются на свои составныя части, состоящія изъ атомовъ, что показываетъ и солнечный спектръ. Но что происходитъ при этомъ съ металлоидами, спектральный анализъ не объясняетъ намъ. Углеродъ встрѣчается въ видѣ газа и въ твердой формѣ въ облакахъ фотосферы. Водородъ, который скопляется преимущественно въ верхнихъ рѣдкихъ слояхъ, встрѣчается тамъ также, благодаря ничтожности давленія, въ формѣ простыхъ атомовъ. Но о кислородѣ и азотѣ мы знаемъ очень мало. Въ температурѣ вольтовой дуги изъ кислорода и азота образуются только озонъ и низшіе продукты окисленія азота, которые всѣ при своемъ образованіи поглощаютъ теплоту; такъ напримѣръ, озонъ на граммолекулу (=48 г.) 36 200 кал., закись азота 18 000 кал. на граммолекулу (=44 г.), окись азота 21 600 кал. (=30 г.), азотистая кислота 6 800 кал. (=72 г.), двуокись азота 7 700 кал. (=46 г.). Точно такъ же соединяются углеродъ съ сѣрою и азотомъ въ сѣрный углеродъ и ціанъ при поглощеніи 28 700 кал. (на 76 г. CS_2) и 71 000 кал. (на

52 г. $C_2 N_2$), а азотъ съ сѣрою или селеномъ при поглощеніи 31 900 и 42 600 кал. (на 46 г. NS и 94 г. NSe). Соединенія хлора съ азотомъ и водорода съ большими количествами сѣры, причемъ образуются хлористый азотъ и многосѣрнистыя соединенія, также поглощаютъ тепло при своемъ образованіи изъ элементарныхъ веществъ. А такъ какъ высокая температура благопріятствуетъ тѣмъ соединеніямъ, которыя при своемъ образованіи поглощаютъ теплоту, то мы можемъ думать, что металлоиды соединены другъ съ другомъ (по большей части) въ тѣхъ мѣстахъ солнечной атмосферы, гдѣ давленіе не слишкомъ мало. Но можетъ быть въ коронѣ, если они встрѣчаются тамъ, они распадаются на элементарные атомы, такъ какъ тамъ господствуетъ чрезвычайно малое давленіе при очень высокой температурѣ. Въ нѣсколько же болѣе глубокихъ слояхъ съ болѣе высокимъ давленіемъ они несомнѣнно существуютъ, большею частью въ видѣ названныхъ выше или другихъ неизвѣстныхъ намъ соединеній, которыя при своемъ образованіи поглощаютъ еще больше теплоты, въ противоположность господствовавшимъ до сихъ поръ взглядамъ (Оствальдъ, Ostwald).

Если мы взглянемъ на условія, въ которыхъ находятся болѣе глубокіе слои солнца, то наблюденіе спектра самыхъ глубокихъ мѣстъ солнечныхъ пятенъ учитъ насъ, что тамъ преобладаютъ химическія соединенія. Постоянно возростающее къ центру давленіе благопріятствуетъ все болѣе конденсированнымъ и сложнымъ соединеніямъ, которыя вслѣдствіе повышающейся температуры поглощаютъ при своемъ образованіи все больше теплоты. Всевозможныя тѣла должны тамъ присутствовать и находиться между собою въ химическомъ равновѣсіи. И если мы желаемъ составить себѣ представленіе о царящихъ тамъ соотношеніяхъ на основаніи того, что намъ извѣстно, то слѣдующія соображенія дадутъ намъ, можетъ быть, нѣкоторыя опорныя точки.

Химическія соединенія на солнцѣ смѣшаны между собою въ газообразномъ состояніи и находятся въ такъ называемомъ химическомъ равновѣсіи. Это равновѣсіе постепенно измѣняется съ измѣненіемъ давленія и температуры. Измѣненіе это происходитъ постоянно такъ, что при увеличивающемся давленіи всегда возникаютъ такія соединенія, которыя образуются съ уменьшеніемъ объема, и при повышеніи температуры такія, которыя при своемъ образованіи поглощаютъ теплоту. Очевидно, мы можемъ имѣть только очень слабое представленіе о встрѣчающихся на солнцѣ важнѣйшихъ соединеніяхъ, такъ какъ при тѣхъ низкихъ

температурахъ, которыя мы можемъ реализовать, они неустойчивы. Во всякомъ случаѣ тотъ взглядъ, что при химическихъ процессахъ на солнцѣ не можетъ образоваться теплоты значительно больше, чѣмъ при сгоранiи угля, не выдерживаетъ критики. Напротивъ, имѣются всѣ основанiя предположить, что процессы, совершающiеся при высокихъ температурахъ (главнымъ образомъ при охлажденiи), развиваютъ тепла гораздо больше, чѣмъ процессы, совершающiеся при низкихъ температурахъ. По крайней мѣрѣ, на это обстоятельство указываютъ наши свѣдѣнiя о химическомъ равновѣсiи при низкой температурѣ. Самое простое предположенiе, въ пользу котораго можно было бы привести нѣкоторыя вѣроятныя основанiя, это то, что развитiе теплоты пропорцiонально температурѣ, при которой главнымъ образомъ протекаетъ процессъ. Поэтому химическiе процессы, которые развиваются при охлажденiи солнца съ его температурою въ 3—4 миллiона градусовъ, будутъ отдавать почти въ 10000 разъ болѣе теплоты, чѣмъ самые богатые выдѣленiемъ тепла извѣстные намъ процессы. Далѣе, предѣлы температуры, между которыми должно пройти солнце при своемъ охлажденiи, очень широки, такъ что во время остыванiя могутъ совершаться одинъ за другимъ цѣлый рядъ химическихъ процессовъ. Изложенныя соображенiя позволяютъ предполагать, что химическiе процессы, развивающiеся при охлажденiи солнца, могутъ быть достаточны для того, чтобы сохранять въ теченiе сотенъ миллiоновъ лѣтъ солнечное излученiе въ его нынѣшнемъ размѣрѣ. Поэтому вполнѣ возможно и даже вѣроятно, что химическая энергiя солнца далеко превосходитъ механическую и играетъ важнѣйшую роль въ поддержанiи солнечнаго излученiя, приблизительно какъ и для насъ химическiе источники теплоты на землѣ несравненно важнѣе всѣхъ остальныхъ.

IV. Планеты, ихъ спутники и кометы.

Температура тѣлъ солнечной системы. Солнце излучаетъ тепло по всѣмъ направленіямъ, и небольшое количество этой теплоты попадаетъ на другія тѣла солнечной системы. Дѣйствіе ея весьма различно въ зависимости отъ того, имѣетъ ли данное небесное тѣло твердую кору или нѣтъ. По своей плотности планеты могутъ быть раздѣлены на 2 группы: одну, въ которой плотность выше 0.6 (за единицу принимается плотность земли, которая почти въ 5.5 разъ плотнѣе воды), и другую, въ которой плотность составляетъ 0.3 или меньше. Къ первой группѣ относятся: Марсъ (плотность $\delta = 0.71$) и планеты, лежащія ближе къ солнцу: земля ($\delta = 1$), Венера ($\delta = 0.8$) и Меркурій ($\delta = 0.63$). Къ этой группѣ можетъ быть причислена и луна ($\delta = 0.62$). Ко второй группѣ принадлежатъ внѣшнія планеты: Юпитеръ ($\delta = 0.23$), Сатурнъ ($\delta = 0.12$), Уранъ ($\delta = 0.19$) и Нептунъ ($\delta = 0.3$). Къ этой группѣ можетъ быть отнесено нѣкоторымъ образомъ и само солнце ($\delta = 0.25$). Имѣются всѣ основанія предполагать, что небесныя тѣла первой группы очень похожи на землю,—обладаютъ твердой корою умѣренной температуры и болѣе теплымъ ядромъ. Они, такъ сказать, далеко ушли впередъ въ своемъ развитіи. Напротивъ, другія планеты, характеризуемыя плотностью, сходной съ плотностью солнца, находятся еще въ сравнительно ранней стадіи развитія; онѣ, вѣроятно, газообразны, подобно солнцу, и не имѣютъ твердой коры.

Это согласуется также и съ тѣмъ, что планеты первой группы имѣютъ сравнительно незначительныя массы и, слѣдовательно, могли охладиться сравнительно скоро. Наибольшія изъ нихъ—земля и Венера (относительныя массы $M = 1$ и $M = 0.81$), наименьшія—Меркурій ($M = 0.032$) и Марсъ ($M = 0.105$); еще меньшую

массу имѣетъ луна ($M = 0.0122$). Наоборотъ, масса менѣе плотныхъ планетъ очень велика: Уранъ ($M = 14.7$) и Нептунъ ($M = 16.5$) являются еще карликами въ сравненіи съ Сатурномъ ($M = 92.6$) и Юпитеромъ ($M = 309.5$) и тѣмъ болѣе въ сравненіи съ солнцемъ ($M = 324000$).

О температурахъ большихъ планетъ, не имѣющихъ твердой коры, въ ихъ внѣшнихъ, видимыхъ намъ слояхъ можно сказать очень мало опредѣленнаго. Во всякомъ случаѣ онѣ врядъ ли могутъ быть пригодны для живыхъ существъ. Другія планеты, съ твердою корою, имѣютъ на поверхности температуру, которая зависитъ преимущественно отъ солнечнаго излученія, а не отъ собственной внутренней теплоты. Напримѣръ, на землѣ обыкновенныя горныя породы обладаютъ теплопроводностью, не достигающей и 0.01; иначе сказать, еслибы пластинка изъ нихъ, въ 1 см. толщиною, на одной сторонѣ имѣла температуру на градусъ выше, чѣмъ на другой, то болѣе холодной сторонѣ тепло передавалось бы въ количествѣ менѣе 0.01 кал. въ сек. Убываніе температуры въ земной корѣ приблизительно въ 3000 разъ меньше [1]); слѣдовательно, на каждый квадратный сантиметръ земной поверхности приходитъ извнутри земли $0.01 : 3000 = 3.3 \times 10^{-6}$ кал. Это даетъ въ минуту меньше 2×10^{-4} кал., что составляетъ около одной тысячной того средняго количества тепла, которое получается отъ солнца, если принять въ разсчетъ затѣняющее дѣйствіе облаковъ. Для земли, такимъ образомъ, теплопроводностью изнутри земли можно пренебречь въ сравненіи съ приходомъ тепла отъ солнца. Безъ сомнѣнія, то же утвержденіе справедливо и для другихъ небесныхъ тѣлъ въ солнечной системѣ, которыя обладаютъ твердой корою.

Поэтому для опредѣленія температуры поверхности этихъ небесныхъ тѣлъ имѣетъ огромное значеніе возможность указать точную сумму солнечнаго излученія на нихъ. О томъ, какъ измѣряется эта величина, мы теперь не будетъ говорить. Пока мы удовольствуемся предположеніемъ вмѣстѣ съ Риццо (Rizzo), что вѣроятнѣйшая величина его для тѣла, которое отстоитъ отъ солнца на разстояніе земли, составляетъ 2.5 кал. въ минуту на $см^2$. Иными словами, на пластинку въ 1 $см^2$, находящуюся на такомъ же разстояніи отъ солнца, какъ земля (149.5×10^6 км.), и поставленную перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ, падаетъ каждую минуту количество тепла въ 2.5 кал.

Такую пластинку представляетъ часть горизонтальной поверхности луны, находящаяся какъ разъ противъ солнца. Если

[1]) Приблизительно 1° на каждые 30 м. углубленія.

предположить, что луна не имѣетъ атмосферы, что, конечно, очень близко къ дѣйствительности, то эта часть должна нагрѣваться постепенно до тѣхъ поръ, пока наконецъ теплота, излучаемая ею въ одну минуту, не составитъ ровно 2.5 кал. Тогда должно наступить тепловое равновѣсіе. Для излученія тепла темнымъ тѣломъ имѣетъ мѣсто законъ Стефана

$$W = K\,(T^4 - t^4),$$

гдѣ T означаетъ абсолютную температуру излучающаго тѣла, t температуру окружающаго пространства, въ которое уходитъ излученіе. Постоянная K составляетъ по новѣйшимъ опредѣленіямъ Курльбаума (Kurlbaum) 1.28×10^{-12}, если за единицу времени принять секунду, и 0.768×10^{-10}, если за единицу времени берется минута.

Часть солнечнаго излученія отражается луною и мы можемъ опредѣлить ее слѣдующимъ образомъ. По Ланглею видимая часть солнечнаго излученія составляетъ около 40% [1]); по Цёльнеру луна отражаетъ 12% этого видимаго излученія, т. е. поглощенная часть видимаго излученія равняется $2.5 \times 0.4 \times 0.88 = 0.88$ кал. Напротивъ, въ отношеніи темнаго (невидимаго) излученія солнца, составляющаго 1.5 кал., поверхность луны можно считать абсолютно чернымъ тѣломъ. Слѣдовательно, для взятой нами части луны.

$$W = 1.5 + 0.88 = 0.768\,(T^4 - t^4).\,10^{-10}.$$

Здѣсь t означаетъ среднюю температуру міpового пространства. Ланглей показалъ, что эту величину безъ значительной ошибки можно принять равной 0. Изъ этого уравненія температура наиболѣе нагрѣваемыхъ частей луны (надъ которыми солнце стоитъ отвѣсно) опредѣляется въ $T = 419^0$ абсолютной температуры или 146^0 C. На мѣсто, удаленное отъ центра диска полной луны на w градусовъ, тепла будетъ падать не $W = 2.38$ кал. на см², а меньшее количество $W_1 = 2.38 \cos. w$ кал. на см², такъ какъ уголъ между нормалью (т. е. луннымъ радіусомъ) и направленіемъ солнечныхъ лучей, очевидно, равенъ w. Слѣдовательно, его температура будетъ опредѣляться равенствомъ

$$2.38 \cos w = 0.768\; T^4.$$

Такимъ образомъ получены величины T выч. въ слѣдующей таблицѣ:

---

[1]) общей суммы всего излученія, т. е. свѣтового вмѣстѣ съ инфракраснымъ и ультрафіолетовымъ.

w	T выч.	t	T набл. До полдня.	После полдня.	Средн.
0	419	146	454	454	454
10	418	145	453	453	453
20	413	140	447	450	448
30	403	130	430	440	435
40	392	119	400	424	412
50	376	103	365	400	382
60	353	80	331	365	348
70	321	48	292	318	305
80	271	— 2	227	240	239
85	228	— 45			
87.5	192	— 81			
90	0	—273	0	75	38.

Можно безъ затрудненій вычислить среднее излученіе полной луны на землю (см. прим. въ концѣ). Это вычисленіе даетъ, что величина всего излученія полной луны есть

$$\frac{1}{3}\, 2.38 \times 2\pi r^2,$$

гдѣ r есть радіусъ луны.

Еслибы на мѣстѣ луны мы имѣли дѣйствительно плоскій дискъ, то его излученіе было бы

$$2.38\pi r^2.$$

Слѣдовательно, излученіе полной луны составляетъ $\frac{2}{3}$ величины излученія плоскаго диска такихъ же угловыхъ размѣровъ, стоящаго перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ. Температура же круга, который излучаетъ какъ разъ столько тепла, сколько и полная луна, должна быть равна

$$\sqrt[4]{{}^2/_3 \times 2.38 \times 10^{10} : 0.768} = 379^0 \text{ абсол. темп.} = 106^0 \text{ C.}$$

Лордъ Россъ (Rosse), произведшій первые опыты опредѣленія теплового излученія луны, нашелъ, что полная луна излучаетъ тепла какъ разъ столько, сколько и черный кругъ такихъ же угловыхъ размѣровъ температуры 110⁰ С., что очень хорошо согласуется съ вычисленіемъ, указаннымъ выше.

Въ новѣйшее время измѣренія теплового излученія луны были сдѣланы Вери (Very). Вычисленныя имъ величины лунной температуры помѣщены выше подъ T набл. Какъ видно изъ нихъ, температура не совсѣмъ одинакова по обѣимъ сторонамъ центра

диска луны. Это происходитъ отъ того, что мѣста, имѣющія на лунѣ „послѣполуденное“ время, были освѣщены дольше и интенсивнѣе, чѣмъ тѣ, которыя имѣютъ „дополуденное“ время, т. е. для которыхъ солнце еще подымается. И понятно, что требуется нѣсколько часовъ для того, чтобы поверхность луны нагрѣлась до окончательной температуры. Способъ вычисленія Вери даетъ, повидимому, слишкомъ большія величины, превосходящія также и вычисленныя теоретически. Примѣрный разсчетъ, сдѣланный мною изъ данныхъ Вери, далъ температуру въ 140° С. для наиболѣе нагрѣваемаго мѣста,—слѣдовательно, очень хорошее согласованіе съ теоретическимъ вычисленіемъ. И для другихъ частей луны мое вычисленіе изъ исходныхъ данныхъ Вери также согласовалось съ теоретическими величинами *T* выч. очень хорошо. Для средней температуры луннаго диска я нашелъ приблизительно 100° С, что превосходно согласуется съ теоретической величиною.

Какъ видно изъ этихъ цифръ, температура на лунѣ измѣняется съ огромной быстротой. На отвращенной отъ солнца сторонѣ температура все болѣе понижается впродолженіе почти 15-суточной ночи; къ концу этого періода она составляетъ только нѣсколько градусовъ выше абсолютнаго нуля. Теплота поддерживается тепло проводностью изнутри, и такъ какъ температура на нѣсколькихъ метрахъ глубины, безъ сомнѣнія, какъ и на землѣ, почти постоянна и на экваторѣ луны равняется приблизительно —60° С, то здѣсь температура поверхности вѣроятно никогда не опускается ниже +100° абсол. темп. Но вблизи лунныхъ полюсовъ она очень близко подходитъ къ абсолютному нулю.

Приблизительно тѣ же условія, что и на лунѣ, существуютъ и на планетѣ Меркуріи. Къ солнцу всегда обращена одна и та же сторона этой планеты, и если у нея и есть атмосфера, то очень рѣдкая. Солнечное излученіе здѣсь въ 6.7 разъ сильнѣе, чѣмъ на лунѣ, вслѣдствіе чего абсолютная температура выше въ 1.6 раза. Отсюда температура наиболѣе нагрѣваемой точки должна доходить до 670° абс. = 397° С. На противоположной сторонѣ, которую никогда не освѣщаетъ солнце, температура можетъ быть выше абсолютнаго нуля только на нѣсколько градусовъ.

Если у этой планеты существуетъ, что вѣроятно, незначительная атмосфера, то въ наиболѣе нагрѣваемыхъ мѣстахъ должно постоянно возникать восходящее воздушное теченіе, разсѣевающееся затѣмъ въ верхнихъ слояхъ воздуха радіально во всѣ

стороны, опускающееся опять внизъ въ самыхъ отдаленныхъ отъ солнца мѣстахъ и притекающее снова вдоль поверхности къ ближайшей къ солнцу точкѣ.

Это движенiе воздуха производится сравнительно очень большими силами и должно обладать, благодаря этому, необыкновенно большою интенсивностью. Очень возможно поэтому, что на Меркурiи существуетъ нѣкоторое уравниванiе температуръ.

Для вычисленiя температуры какой-нибудь другой планеты надо знать ея альбедо, т. е. отношенiе количества солнечнаго свѣта, которое она отражаетъ, ко всему количеству свѣта, которое на нее падаетъ. Эта величина была опредѣлена Цёльнеромъ; теперь существуютъ новыя, болѣе точныя опредѣленiя и особенно точными считаются опредѣленiя Мюллера (G. Müller). Альбедо составляетъ:

	по Цёльнеру.	Нов. опредѣленiя.
для луны . .	0.119	—
Меркурiя .	0.114	0.14
Венеры. .	0.623	0.76
Марса . .	0.267	0.22
Юпитера .	0.624	0.62
Сатурна .	0.498	0.72
Урана . .	0.640	0.60
Нептуна .	0.465	0.52.

Соотвѣтствующую цифру для земли, конечно, невозможно опредѣлить непосредственно изъ наблюденiй. Наиболѣе вѣроятное предположенiе, какое можно сдѣлать, это, что она ближе всего подходитъ къ цифрѣ Венеры: никакая другая планета не имѣетъ атмосферы, въ такой мѣрѣ сходной съ атмосферой земли. Вѣроятно, альбедо земли нѣсколько меньше, такъ какъ ея атмосфера рѣже (см. ниже). Можно приблизительно считать, что земля отдаетъ обратно въ мiровое пространство около $\frac{2}{3}$ падающаго на нее солнечнаго свѣта и около $\frac{1}{3}$ тепла.

Такъ какъ излучающая поверхность земли въ 4 раза больше поперечнаго сѣченiя цилиндра солнечныхъ лучей, падающихъ на землю, то, согласно этому, средняя температура земли T можетъ быть вычислена изъ слѣдующаго уравненiя:

$$2.5 \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 4 \times 0.768 \times 10^{-10}\ T^4,$$

откуда $T = 271^0.4$ или — 1.6⁰ С. Но хорошо извѣстно, что средняя температура земли значительно выше, приблизительно $+15^0$ С.

Не трудно найти объясненіе этого видимаго разногласія. При вычисленіи, приведенномъ выше, предполагалось, что вся теплота излучается самой поверхностью земли. Это и происходило бы дѣйствительно, если бы и здѣсь, какъ на лунѣ, не существовало атмосферы, или если бы атмосфера совсѣмъ не поглощала теплового излученія земли и, соотвѣтственно этому, и сама не производила излученія въ міровое пространство. А въ этомъ отношеніи газы атмосферы обладаютъ очень различными свойствами. Главная масса воздуха: азотъ, кислородъ и аргонъ, повидимому, вовсе не поглощаютъ темнаго теплового излученія земли. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ двумя другими газами, встрѣчающимися въ воздухѣ только въ небольшомъ количествѣ, именно съ водянымъ паромъ и углекислотой. По измѣреніямъ Онгстрёма (Ångström), Пашена, Рубенса и Ашкинасса (Rubens и Aschkinass) эти газы имѣютъ въ инфракрасной части спектра рѣзкія и широкія полосы поглощенія. Слѣдовательно, они поглощаютъ значительную часть теплового излученія земли и какъ разъ столько же теплоты должны сами излучать въ міровое пространство. Это излученіе опредѣляется температурою излучающаго тѣла, т. е. излучающихъ слоевъ углекислоты и водяного пара. Главная масса водяныхъ паровъ сконцентрирована у поверхности земли и болѣе высокіе слои—главнымъ образомъ вслѣдствіе ихъ болѣе низкой температуры—содержатъ водяныхъ паровъ очень мало. Напротивъ, углекислота, благодаря воздушнымъ теченіямъ, распредѣлена сравнительно равномѣрно во всей атмосферѣ, и излучающіе слои углекислоты имѣютъ поэтому очень низкую температуру (по опредѣленіямъ во время подъемовъ воздушныхъ шаровъ въ среднемъ приблизительно на 75⁰ С. ниже температуры поверхности земли).

Итакъ, полученная выше температура — 1.6⁰ С. есть средняя температура излучающихъ (съ земли въ міровое пространство) частей земной поверхности и атмосферы, причемъ каждая изъ послѣднихъ входитъ въ это среднее частью, пропорціональною ея долѣ излученія въ міровое пространство. Чѣмъ больше содержаніе углекислоты въ воздухѣ, тѣмъ выше лежатъ слои этого газа, дающіе главное излученіе, тѣмъ ниже ихъ температура, и вслѣдствіе этого и средняя температура всей земли, какъ излучающаго тѣла,—тѣмъ менѣе, слѣдовательно, теряетъ теплоты земля. Вслѣдствіе этого углекислота, а равно и водяные пары, дѣй-

ствуютъ, какъ защищающій покровъ, толщина и теплоохраняющая способность котораго увеличиваются съ увеличенiемъ количества углекислоты (и содержанія водяныхъ паровъ).

Изъ наблюденій теплового поглощенія углекислоты я вычислилъ, что уменьшенie количества углекислоты противъ нынѣшняго (0.03 проц. воздуха) приблизительно на половину вызвало бы пониженie температуры на 4°—5° С. противъ существующихъ условій. Это произвело бы наступленie новой большой ледниковой эпохи. Напротивъ, увеличенie содержанія углекислоты въ воздухѣ втрое противъ нынѣшняго настолько повысило бы температуру (приблизительно на 8°), что климатъ почти соотвѣтствовалъ бы климату эоценовой эпохи. Въ эту эпоху на Шпицбергенѣ и въ Гренландіи росли благородныя древесныя породы, тогда какъ въ великую ледниковую эпоху, напротивъ, вся Европа до средней Германіи была покрыта льдомъ. Къ этому просоединилось бы еще и то, что измѣнилась бы и величина поверхности снѣжнаго покрова полярныхъ странъ, сильно поглощающаго теплоту; вслѣдствіе этого потеря солнечной теплоты подвержена въ этихъ мѣстахъ еще болѣе сильнымъ колебаніямъ, чѣмъ въ тѣхъ, гдѣ снѣжнаго покрова не бываетъ никогда. Это и есть, вѣроятно, причина того, что геологическія измѣненія климата проявляются въ полярныхъ странахъ необыкновенно рѣзко.

Еще явственнѣе выступаетъ это обстоятельство при условіяхъ, въ которыхъ находится планета Марсъ. Температура поверхности Марса, согласно приведенному выше способу вычисленія, должна быть около —37° С. Но по всему видно, что температура Марса приблизительно такая же, какъ и на землѣ. Это зависитъ отъ двухъ обстоятельствъ. Съ одной стороны атмосфера Марса гораздо прозрачнѣе атмосферы земли и въ ней необыкновенно мало облаковъ. Вѣроятно, и количество плавающей въ атмосферѣ Марса тонкой пыли, которая поглощаетъ фіолетовый конецъ спектра, совершенно ничтожно въ сравненіи съ количествомъ пыли въ земной атмосферѣ. Но наибольшее вліяніе оказываетъ, безъ сомнѣнія, какой-то сильно поглощающій газъ въ атмосферѣ Марса. Въ силу различныхъ обстоятельствъ вѣроятно, что количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ Марса очень незначительно. Поэтому прежде всего приходится подумать объ углекислотѣ. Содержаніе углекислоты въ атмосферѣ Марса легко могло бы превосходить во сто разъ содержаніе земной атмосферы (оно соотвѣтствовало бы тогда давленію около 30 мм. ртутнаго столба); это нисколько не противорѣчитъ разрѣженному состоянію атмосферы Марса. А этого

количества углекислоты было бы безъ сомнѣнія болѣе, чѣмъ достаточно для поддержанія температуры Марса болѣе высокой, чѣмъ температура земли.

Что касается остальныхъ планетъ, то свѣдѣнія относительно ихъ температуръ очень скудны. По вычисленію Христіансена (Christiansen), сходному съ приведеннымъ выше (стр. 172), она должна равняться на Венерѣ 65° С., на Юпитерѣ—147° С., на Сатурнѣ—180° С., на Уранѣ—207° С. и на Нептунѣ—221° С. Относительно температуры Венеры слѣдуетъ замѣтить, что эта планета, по наблюденіямъ Скіапарелли (Schiaparelli), постоянно обращена къ солнцу одною и тою же стороною, аналогично Меркурію. Поэтому на обращенной къ солнцу сторонѣ должна царить температура въ 143° С. съ максимумомъ около 187° С. На сторонѣ, отвращенной отъ солнца, температура не должна много разниться отъ абсолютнаго нуля. Но эта колоссальная разница, очевидно, въ сильной степени сгладится, благодаря плотной атмосферѣ Венеры, которая въ формѣ страшно сильнаго вѣтра въ верхнихъ слояхъ должна передвигаться съ солнечной на тѣневую сторону, а въ нижнихъ возвращаться въ обратномъ направленіи.

Согласно новымъ наблюденіямъ, предположеніе Скіапарелли представляется невѣрнымъ; напротивъ, климатическія условія на Венерѣ должны походить на земныя. Вслѣдствіе большого альбедо Венеры ея средняя температура, конечно, нѣсколько ниже вычисленной (65° С). Слѣдовательно, эта планета можетъ легко быть пригодной для органической жизни, особенно въ областяхъ, расположенныхъ ближе къ полюсамъ [1]).

Что касается планетъ, расположенныхъ по другую сторону Марса, то ихъ небольшая плотность, очень близкая къ плотности солнца, указываетъ на то, что онѣ состоятъ изъ одниxъ газовъ. Поэтому о температурѣ поверхности этихъ небесныхъ тѣлъ врядъ ли можетъ быть рѣчь, какъ и о температурѣ поверхности солнца. Температура должна быть не очень далека отъ абсолютнаго нуля во внѣшнихъ слояхъ ихъ атмосферы и должна повышаться по мѣрѣ приближенія къ центру. Въ центрѣ она достигаетъ чрезвычайно высокихъ величинъ, оцѣниваемыхъ милліонами градусовъ.

На этихъ планетахъ, гдѣ твердая кора не препятствуетъ переносу тепла изнутри, не существуетъ равновѣсія между погло-

[1]) Опубликованныя въ 1903 г. спектроскопическія наблюденія Slipher'а и визуальныя Lowell'я, произведенныя всѣ на обсерваторіи послѣдняго въ Арицонѣ, рѣшительно склоняются на сторону взгляда Скіапарелли.

щаемой и излучаемой теплотою, какъ мы предполагали выше при вычисленіи температурныхъ условій на планетахъ съ твердою корою. Наоборотъ, какъ и на солнцѣ, излученіе должно далеко превосходить поглощеніе лучей, и потому въ результатѣ должно получаться постепенное охлажденіе.

Большія планеты обильно снабжены спутниками. Вѣроятно, эти спутники по большей части охладились на столько, что имѣютъ отвердѣвшую поверхность. Поэтому температура ихъ должна опредѣляться такъ же, какъ и температура Марса и ближайшихъ къ солнцу планетъ. Согласно вышесказанному, температура ихъ поверхности должна лежать много ниже нуля, если источникомъ ихъ теплоты считать только солнце. Но сюда присоединяется лучеиспусканіе планеты, которое должно быть довольно значительно. Поэтому возможно, что эти спутники отчасти могутъ быть пригодны для развитія органической жизни.

Атмосфера планетъ. Джонстонъ Стоней (Johnstone Stoney) сдѣлалъ очень интересное замѣчаніе относительно атмосферъ планетъ. Согласно общепринятой кинетической теоріи газовъ, молекулы газовъ обладаютъ опредѣленною среднею скоростью, составляющею при 0° С. для кислорода 461, азота 492, водорода 1848 м. въ секунду. Кромѣ того, эта скорость прямо пропорціональна квадратному корню изъ абсолютной температуры и обратно пропорціональна квадратному корню изъ молекулярнаго вѣса. Слѣдовательно, если небесное тѣло обладаетъ очень малою силою притяженія, то газовыя молекулы должны улетать съ него.

При помощи приложенныхъ выше соображеній о потенціалѣ силы тяжести мы находимъ, что скорость v тѣла, падающаго съ безконечнаго разстоянія на планету массы m и радіуса r, опредѣляется уравненіемъ

$$\frac{1}{2} v^2 = k \frac{m}{r},$$

гдѣ k означаетъ постоянную притяженія.

Для земли же $k\frac{m}{r^2}$, т. е. ускореніе падающаго тѣла есть

$981 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}$, и такъ какъ земной радіусъ имѣетъ длину 6400×10^5 см., то

$$v^2 = 2\, k \frac{m}{r^2}.\ r = 2 \times 981 \times 6400 \times 10^5,$$

откуда $v = 1.12 \times 10^6$ см. $= 11\,200$ м.

На солнечной поверхности притяженіе въ 27.47 разъ больше, чѣмъ на землѣ, а радіусъ солнца въ 109 разъ больше земного. Слѣдовательно, скорость тѣла, падающаго на солнце съ безконечнаго разстоянія, будетъ приблизительно въ 50 разъ больше, чѣмъ для земли, т. е. составитъ ровно 613 км. въ секунду. Тѣло, падающее подобнымъ образомъ на солнце, имѣетъ уже при пересѣченіи земной орбиты—съ радіусомъ въ 215.68 солнечныхъ радіусовъ—скорость въ 41.7 км.

Для луны и Марса эти величины гораздо меньше, такъ какъ ихъ радіусъ составляетъ 0.27 и 0.53 земного радіуса, а притяженіе на этихъ небесныхъ тѣлахъ достигаетъ 0.167 и 0.38 притяженія на землѣ. Отсюда слѣдуетъ, что скорость тѣла, притягиваемаго этими небесными тѣлами, при паденіи его съ безконечнаго разстоянія составитъ 2380 и 5030 м. въ секунду.

Точно такими же скоростями должны обладать тѣла, вылетающія изъ атмосферъ планетъ, чтобы быть въ состояніи выйти изъ сферы притяженія этихъ небесныхъ тѣлъ и никогда болѣе не вернуться обратно. Отсюда, повидимому, вытекаетъ, что даже луна можетъ удержать при себѣ молекулы водорода, такъ какъ ихъ средняя скорость составляетъ (при 0° С.) только 1848 м. При максимальной температурѣ луны (около 150° С.) эта скорость была бы 2300 м. въ секунду. Но, какъ полагаетъ Максуэлль, дѣло въ томъ, что эта цифра указываетъ только среднюю скорость молекулъ водорода при 150° С; нѣкоторыя же изъ нихъ имѣютъ двойную, другія, очень немногія правда, вдесятеро бо̀льшую скорость и т. д. Отсюда несомнѣнно слѣдуетъ, что, согласно кинетической теоріи газовъ, на лунѣ водородъ существовать не можетъ.

И другіе газы постепенно должны исчезать изъ атмосферъ планетъ, но они будутъ оставаться тѣмъ дольше, чѣмъ больше планета и чѣмъ тяжелѣе газъ. Этимъ объясняется, почему земная атмосфера не содержитъ ни водорода, ни гелія (молекулярный вѣсъ 2 и 4), хотя первый газъ выдѣляется вулканами, а второй нѣкоторыми источниками. (Правда, въ новѣйшее время обнаружено присутствіе обоихъ этихъ газовъ въ ничтожныхъ количествахъ въ земной атмосферѣ. Но это вовсе не доказываетъ, что земля можетъ удержать при себѣ эти газы, встрѣчающіеся въ столь огромномъ количествѣ въ солнечной атмосферѣ). Еще менѣе можетъ удерживать свою атмосферу Марсъ. По оцѣнкѣ Кэмпбелля атмосфера Марса, вѣроятно, вдвое рѣже воздуха на высочайшихъ горахъ земли. По вычисленіямъ Стонея водяной паръ (молекул. вѣсъ 18) не можетъ тамъ оставаться, азотъ же

(молек. вѣсъ 28), кислородъ (молек. вѣсъ 32) и углекислота еще могутъ тамъ быть. Но согласно, аналогичнымъ вычисленіямъ Брайана (Bryan), водяные пары удерживаются Марсомъ. Во всякомъ случаѣ въ высшей степени вѣроятно, что вода, а значитъ и водяной паръ существуетъ на Марсѣ, но въ значительно меньшемъ количествѣ, чѣмъ на землѣ. Наконецъ, такія тѣла, какъ луна, не могутъ удерживать никакой сколько-нибудь замѣтной атмосферы. По вычисленіямъ Стонея ни одинъ планетный спутникъ, за исключеніемъ, быть можетъ, большой луны Нептуна, не въ состояніи концентрировать вокругъ себя атмосферу. (Подобное исключеніе слѣдуетъ сдѣлать, пожалуй, и для лунъ Юпитера). Результаты Стонея, повидимому, нѣсколько впадаютъ въ крайность, такъ какъ онъ не принялъ, повидимому, достаточно въ соображеніе того, что отлетающія молекулы газовъ идутъ изъ самыхъ внѣшнихъ слоевъ атмосферы, гдѣ скорость газовыхъ молекулъ много меньше, чѣмъ вблизи твердой коры небеснаго тѣла.

На Венерѣ должны господствовать приблизительно тѣ же условія, что и на землѣ, такъ какъ тяжесть тамъ приблизительно одинакова съ земной (отношеніе 4 : 5), а радіусы обѣихъ планетъ почти одинаковы по величинѣ. Поэтому можно было бы ожидать, что атмосфера Венеры нѣсколько рѣже земной. Но прямыя наблюденія показываютъ обратное. Венера обладаетъ столь значительной атмосферной рефракціей, что, находясь очень близко къ солнцу, напримѣръ при прохожденіяхъ Венеры черезъ дискъ солнца, она кажется окруженной свѣтлымъ кольцомъ: солнечный свѣтъ преломляется въ атмосферѣ болѣе отдаленной отъ солнца стороны настолько, что попадаетъ на землю. По вычисленіямъ Медлера атмосфера Венеры приблизительно въ 1.7 раза плотнѣе земной [1]). На это обстоятельство указываетъ и необыкновенно высокое альбедо этой планеты, объясняемое сильной облачностью. Именно, въ плотной атмосферѣ облака могутъ плавать очень долго. Въ противоположность этому можно привести условія на Марсѣ, гдѣ атмосфера необыкновенно прозрачна вслѣдствіе очень незначительной облачности, такъ какъ въ рѣдкой атмосферѣ Марса осадки падаютъ очень быстро.

---

[1]) Рёссель (H. N. Russell) не такъ давно (Astrophysical Journal 1899 г.) пришелъ, на основаніи разбора всѣхъ наблюденій упомянутаго свѣтлаго кольца и его частей, къ выводу, что атмосфера Венеры не должна имѣть плотность больше, чѣмъ въ одну треть земной. Свѣтлое же кольцо, упомянутое выше, производится не непосредственно лучами солнца, только преломленными въ атмосферѣ Венеры, а тѣми лучами, которые отражаются ея облаками; количество послѣднихъ въ атмосферѣ Венеры онъ считаетъ гораздо болѣе значительнымъ, чѣмъ у земли.

Условія Меркурія (радіусъ 0.37, сила тяжести 0.24) очень неблагопріятны для существованія атмосферы. Непосредственныя наблюденія также указываютъ на то, что его атмосфера очень рѣдка.

Еще меньшіе размѣры имѣютъ малыя планеты. Наибольшая изъ нихъ, Церера, не достигаетъ даже 1000 км. въ діаметрѣ. Соотвѣтственно этому ея альбедо очень мало. Веста имѣетъ альбедо, равное альбедо Марса. Церера и Паллада, наибольшія изъ всѣхъ, стоятъ, въ отношеніи альбедо, ниже Меркурія. Это небольшое альбедо указываетъ на отсутствіе атмосферы, чего и слѣдуетъ ожидать, согласно Стонею.



Рис. 51. Спектръ Юпитера по Фогелю.

Спектры планетъ имѣютъ въ общемъ характеръ солнечнаго спектра. Спектръ луны отличается отъ послѣдняго исключительно своею интенсивностью. Спектры Венеры и Марса показываютъ усиленіе такъ называемыхъ теллурическихъ линій, происходящихъ отъ кислорода и водяныхъ паровъ, откуда заключили, что въ ихъ атмосферахъ должны существовать эти вещества, особенно водяные пары. Въ спектрахъ Юпитера и Сатурна, кро-

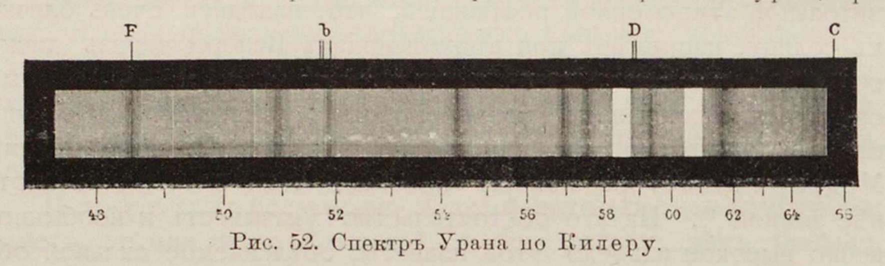


Рис. 52. Спектръ Урана по Килеру.

мѣ того, видна интенсивная полоса въ красномъ цвѣтѣ (около 618 $\mu\mu$, рис. 51). Въ спектрахъ Урана и Нептуна (ср. рис. 52) выступаютъ еще и другія полосы, особенно одна въ зеленомъ и одна въ голубомъ, не встрѣчающіяся въ спектрахъ другихъ планетъ.

Теоретическія разсужденія Стонея, хотя въ большинствѣ случаевъ и не допускаютъ абсолютно точныхъ заключеній, все же настолько согласуются съ наблюденіями, что заслуживаютъ полнаго вниманія. Удаляющіяся отъ планетъ молекулы газовъ остаются по большей части въ сферѣ притяженія солнца. Ибо, если скорость въ 11.2 км. достаточна для того, чтобы уда-

лить молекулы изъ сферы вліянія земли, то этой скорости далеко не достаточно для того, чтобы удалить молекулу отъ солнца. Именно, чтобы молекула, находящаяся отъ солнца на разстояніи земли, могла быть выброшена изъ сферы притяженія солнца,

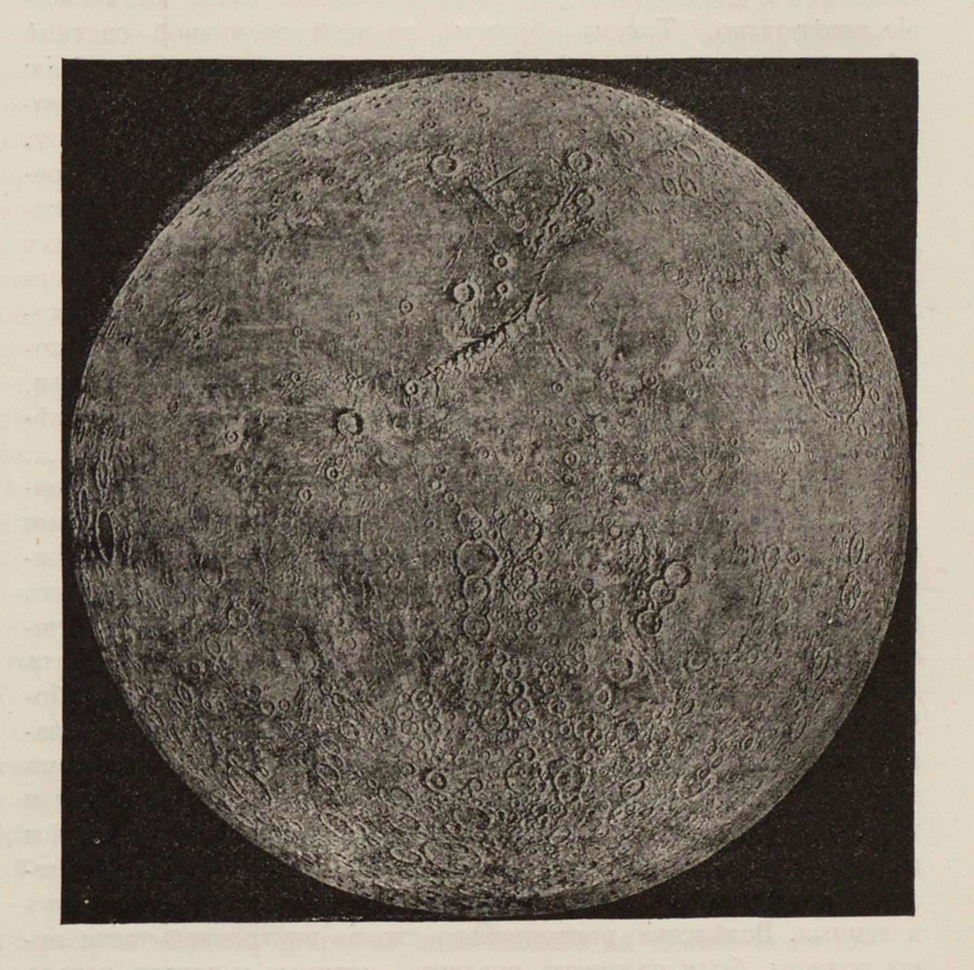


Рис. 53. Луна.

требуется скорость въ 41.7 км. Поэтому для молекулы, притягиваемой какъ землею, такъ и солнцемъ, нужна скорость, равная

$$v = \sqrt{11.2^2 + 41.7^2} = 43.2 \text{ км. въ секунду.}$$

Между удаляющимися отъ земли молекулами, скорость коорыхъ превосходитъ 11.2 км. въ секунду, только совершенно

ничтожное количество будетъ обладать скоростью, необходимою для удаленія изъ солнечной системы. Можно было бы, пожалуй, предполагать, что газовыя молекулы, подобно капелькамъ, могутъ отталкиваться солнцемъ. Однако, газы въ тонкомъ слоѣ поглощаютъ и отражаютъ такъ мало свѣта, что такое отталкиваніе невѣроятно. Такимъ образомъ во всей солнечной системѣ образуется чрезвычайно рѣдкая атмосфера, подчиненная тяготѣнію солнца; постепенно она, конечно, переносится, вслѣдствіе столкновеній между отдѣльными молекулами, въ солнечную атмосферу. Вслѣдствіе этого въ солнечной системѣ атмосфера солнца растетъ на счетъ атмосферъ планетъ и ихъ спутниковъ и тѣмъ скорѣе, чѣмъ меньше молекулярный вѣсъ данныхъ атмосферныхъ газовъ. Что касается различныхъ солнцъ, то они также претерпѣваютъ подобныя потери, хотя въ чрезвычайно маломъ масштабѣ, причемъ звѣзды, наиболѣе легкія и обладающія самой высокой температурой, терпятъ сравнительно и наибольшія потери, безъ сомнѣнія переходящія къ болѣе тяжелымъ холоднымъ звѣздамъ.

Луна (рис. 53). Какъ можно замѣтить уже невооруженнымъ глазомъ, на лунѣ видны темныя, неправильно разбросанныя пятна. Уже давно эти темныя мѣста, которыя въ противоположность болѣе свѣтлымъ частямъ луны сравнительно свободны отъ неровностей, были названы „морями". Преобладающее количество ихъ находится въ сѣверной части луны. Въ стороны отъ этихъ морей расходятся менѣе темные „заливы", „озера" и „болота" (Palus). Хотя теперь никто уже не думаетъ, что эти моря наполнены водою, все же они имѣютъ большое сходство съ дномъ земного моря. Среднія и значительнѣйшія части ихъ выпуклы и только почти исключительно на ихъ границѣ встрѣчаются, какъ и на днѣ земныхъ морей, вогнутыя части. Поэтому можно предполагать, что „лунныя моря" образовались такимъ же образомъ, какъ и земныя. Вслѣдствіе постепеннаго сжатія внутренней части луны должны были возникать впадины, которыя и давали начало образованію морей.

Самыя характерныя явленія на лунѣ это—сильно развитыя кольцеобразныя горы, соотвѣтствующія нашимъ вулканамъ. Эти лунные вулканы въ своемъ дѣятельномъ періодѣ должны были больше всего соотвѣтствовать лавовымъ озерамъ Мауна Кеа и Мауна Лоа на Гавайскихъ островахъ. По размѣрамъ они значительно больше земныхъ вулкановъ. Существуютъ долины, окруженныя валами, какъ Clavius, Maginus и др., съ діаметромъ бо-

лѣе 200 км. и небольшіе кратеры съ діаметромъ около 1 км. Въ среднемъ кольцеобразныя горы имѣютъ діаметръ въ 40—80 км. Такихъ горъ на лунѣ имѣется нѣсколько сотенъ, а всѣхъ кратеровъ много тысячъ. Особенно значительна, гораздо значительнѣе, чѣмъ на землѣ, высота горъ на лунѣ, судя по отбрасываемой ими тѣни. Самая высокая измѣренная кольцеобразная гора, Curtius, вблизи южнаго полюса мѣстами возвышается надъ окружающею мѣстностью приблизительно на 8000 м. Валы большихъ кольцеобразныхъ горъ достигаютъ приблизительно 4000 м. высоты надъ окрестностью. Значительная неровность лунной поверхности зависитъ, конечно, отъ того, что на лунѣ не имѣется воды, которая сглаживала бы возвышенія. Во всякомъ случаѣ лунные вулканы должны были выбросить нѣкогда огромное количество газовъ, а также и водяныхъ паровъ, которые въ настоящее время тамъ почти совершенно исчезли. На то, что на лунѣ когда то была атмосфера, указываютъ многіяо бстоятельства, и между прочимъ присутствіе массъ пыли, которыя можно считать вулканическимъ пепломъ, разнесеннымъ на разстоянія до тысячи километровъ отъ мѣста ихъ изверженія. Вѣроятно, пепелъ былъ отнесенъ на это далекое разстояніе вѣтромъ. Борозды, узкія, достигающія нѣсколькихъ сотенъ километровъ въ длину ущелья, которыя пересѣкаютъ валы, горы и низменности безъ всякаго отношенія къ топографіи, представляютъ сходство со старыми руслами рѣкъ, хотя отличаются отъ послѣднихъ во многихъ отношеніяхъ. Эти обстоятельства возбуждаютъ даже сомнѣніе въ томъ, чтобы съ нашего спутника могъ исчезнуть въ настоящее время всякій слѣдъ атмосферы. Можно утверждать только, что лунная атмосфера не можетъ быть плотнѣе извѣстной величины. Эту величину теперь оцѣниваютъ приблизительно въ 2 мм. ртутнаго столба ($^1/_{400}$ земной атмосферы).

Весьма интересенъ вопросъ, служившій въ послѣднее время предметомъ многихъ споровъ: происходятъ ли измѣненія на поверхности луны еще и теперь? Въ этомъ отношеніи весьма своеобразно наблюденіе Клейна, который открылъ въ 1887 г. новый кратеръ вблизи Hyginus (кратера, лежащаго въ серединѣ луннаго диска). Съ тѣхъ поръ, какъ эта область привлекла къ себѣ особое вниманіе, тамъ были открыты двѣ вновь образовавшіяся борозды (22 января 1896), которыя „невозможно было бы проглядѣть, если бы онѣ уже существовали при наблюденіи 10 іюля 1894“. Существуетъ много другихъ подобныхъ примѣровъ. Нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что колоссальныя колебанія

температуры, которымъ подвергаются разъ въ мѣсяцъ части лунной поверхности вблизи экватора (при извѣстныхъ условіяхъ это колебаніе можетъ доходить до 300° С) благопріятствуютъ образованію трещинъ, вслѣдствіе чего постепенно могутъ возникать и болѣе глубокія измѣненія. Области, въ которыхъ, какъ полагали, были замѣчены измѣненія, находятся дѣйствительно вблизи экватора.

Отсутствіе воды сказывается еще и въ томъ, что настоящія горныя цѣпи на лунѣ сравнительно рѣдки. Единственное образованіе, въ большей степени заслуживающее этого названія, это цѣпь Апенниновъ (посреди сѣверной половины). На землѣ же горныя цѣпи возникаютъ при нормальныхъ обстоятельствахъ изъ плоскогорій, именно благодаря дѣйствію воды. Лунныя горы, указывающія на вулканическое происхожденіе, обладаютъ также въ общемъ гораздо болѣе крутыми склонами, чѣмъ соотвѣтственныя образованія земли: онѣ не сглажены дѣйствіемъ воды.

Весьма своеобразное образованіе представляютъ системы лучей. Двѣ наиболѣе значительныя системы лучей исходятъ изъ кольцеобразныхъ горъ Tycho (слѣва отъ южнаго полюса) и Copernicus (слѣва подъ Апеннинами). Эти лучи, идущіе совершенно прямолинейно, независимо отъ топографіи луны, не являются возвышенностями или углубленіями въ лунной корѣ, но состоятъ только изъ болѣе свѣтлаго вещества, чѣмъ окрестности. Происхожденіе ихъ очень загадочно. Ихъ считаютъ скорѣе всего трещинами, заполненными болѣе свѣтлымъ веществомъ изверженныхъ породъ.

На основаніи своихъ наблюденій надъ свѣтомъ, отражаемымъ луною, Ланглей заключилъ, что каменныя породы луны имѣютъ желтовато-сѣрый тонъ, подобный окраскѣ нѣкоторыхъ песчаниковъ. Согласно изслѣдованіямъ Ландерера (Landerer) объ углѣ поляризаціи лунныхъ горныхъ породъ, послѣднія должны имѣть сходство съ вулканическими породами, какъ обсидіанъ и особенно витрофиръ.

Меркурій и Венера. Скіапарелли нашелъ при своихъ изслѣдованіяхъ, что обѣ эти планеты обращены къ солнцу постоянно одною и тою же стороною. Къ этому заключенію онъ пришелъ, наблюдая пятна на этихъ планетахъ. Такъ какъ эти пятна принадлежатъ къ очень трудно видимымъ объектамъ, то мнѣніе Скіапарелли —особенно относительно вращенія Венеры (рис. 54)—много разъ оспаривалось; позднѣе однако, оно стало общепризнаннымъ. Въ новѣйшее время возраженія противъ Скіапарелли стали опять рѣзче. По наблюденіямъ Филлигера (Villiger), время вращенія Венеры должно

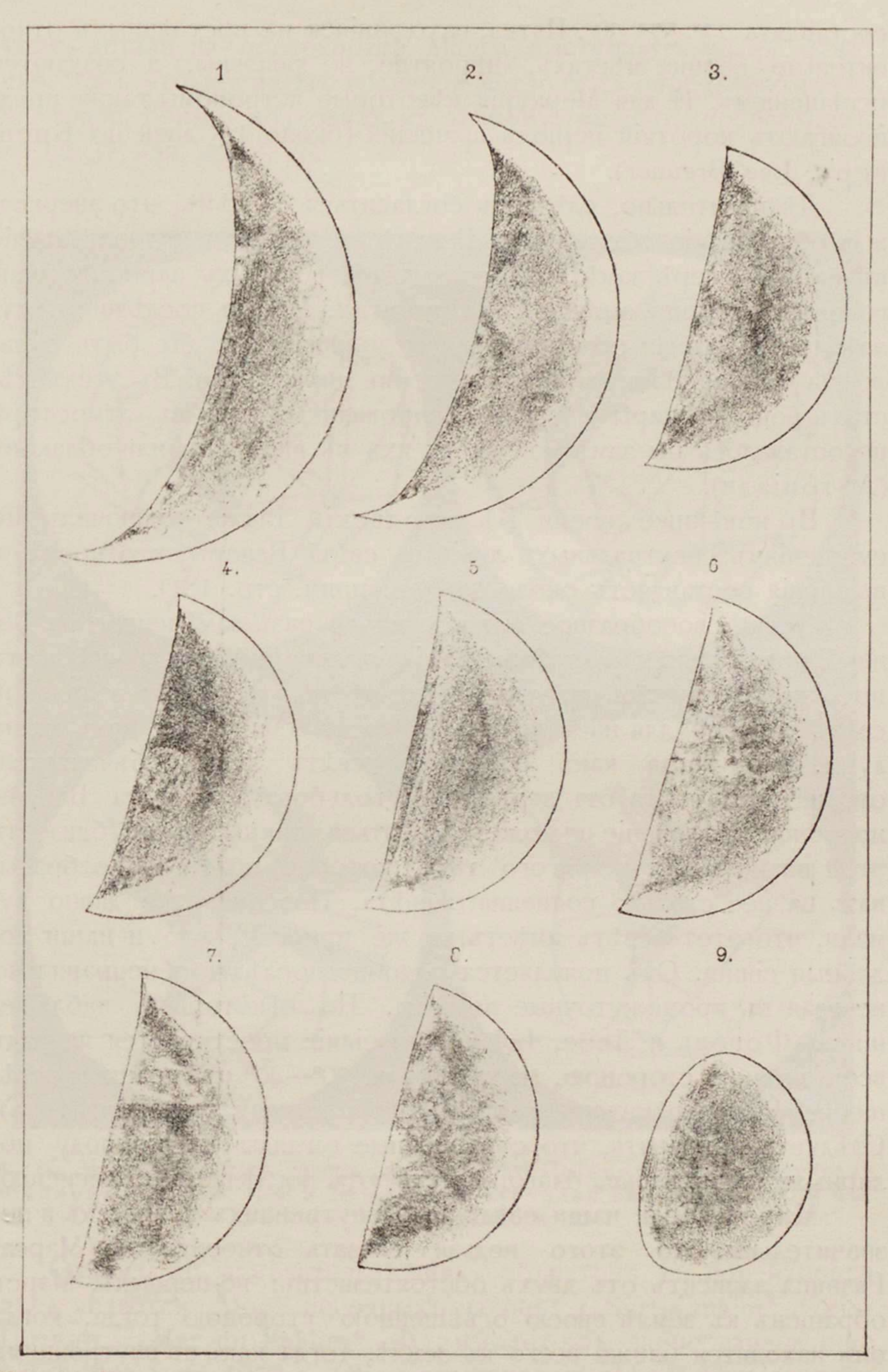


Рис. 54. Венера въ 1897 году по наблюденіямъ въ Жювизи: 1) іюля 11, 2) іюля 23, 3) іюля 12, 5) 6) и 7) іюля 14, 8) іюля 24, 9) августа 30. Рис 6 принадлежитъ Матьё (Mathieu), 7 Фламмаріону, всѣ остальные Антоніади (Antoniadi)

составлять 23ч 57м 36с. Пятна, находящіяся на постоянныхъ относительно солнца мѣстахъ, вѣроятно, не реальны, а создаются освѣщеніемъ. И для Меркурія нѣкоторые астрономы также предполагаютъ короткій періодъ вращенія (около 1.5 дней по Бреннеру, Leo Brenner).

Дѣйствительно, слѣдуетъ согласиться съ тѣмъ, что энергичное образованіе облаковъ на Венерѣ, а равно и существованіе въ ея атмосферѣ замѣтныхъ количествъ водяныхъ паровъ, очень говоритъ противъ мнѣнія Скіапарелли. Ибо въ послѣднемъ случаѣ неосвѣщенная сторона Венеры должна была бы быть охлаждена болѣе, чѣмъ на 100 градуссовъ ниже нуля. Въ этихъ мѣстахъ водяные пары всѣ конденсировались бы и въ атмосферѣ не оставалось бы замѣтной части ихъ въ видѣ пара или облаковъ (Антоніади).

Въ новѣйшее время Бѣлопольскій также заключилъ по смѣщеніямъ спектральныхъ линій въ свѣтѣ Венеры, что время ея вращенія составляетъ около 24ч (ср. прим. стр. 181).

Очень своеобразное явленіе, много разъ замѣченное на Венерѣ, представляетъ голубоватое сіяніе, которое иногда освѣщаетъ ночную сторону этой планеты приблизительно такъ, какъ пепельный свѣтъ дѣлаетъ для насъ видимою неосвѣщенную солнцемъ часть луны. Но тогда какъ пепельный свѣтъ луны объясняется, отраженіемъ свѣта отъ земли, для голубоватаго свѣта Венеры подобное объясненіе не можетъ годиться, такъ какъ по близости этой планеты нѣтъ другого тѣла, которое могло бы отбрасывать на нее столько солнечнаго свѣта. Поэтому уже давно думали, что этотъ свѣтъ имѣетъ ту же природу, что и наши полярныя сіянія. Онъ появляется подобно послѣднимъ неправильно исчезая въ промежуточные періоды. По нѣкоторымъ наблюденіямъ (Фогель и Лозе, Lohse) это сіяніе простирается не надъ всею ночною стороною, но только на 30°—40° отъ границы освѣщенной и неосвѣщенной частей (такъ называемаго терминатора). Слѣдуетъ прибавить, что современные взгляды на природу полярныхъ сіяній весьма благопріятствуютъ послѣднему объясненію.

Марсъ. Если наши свѣдѣнія о внутреннихъ планетахъ и незначительны, то этого нельзя сказать относительно Марса. Разница зависитъ отъ двухъ обстоятельствъ: во-первыхъ, Марсъ обращенъ къ землѣ своею освѣщенною стороною тогда, когда онъ находится ближе всего къ землѣ, тогда какъ съ внутренними планетами, Меркуріемъ и Венерою, происходитъ обратное; во-вторыхъ, атмосфера Марса необыкновенно прозрачна. Благодаря

этому, детали на поверхности Марса выступаютъ очень отчетливо, такъ что время его вращенія могло быть опредѣлено точно. Оно очень близко подходитъ къ земному, именно, превосходитъ его на 37 мин. 22.65 сек.

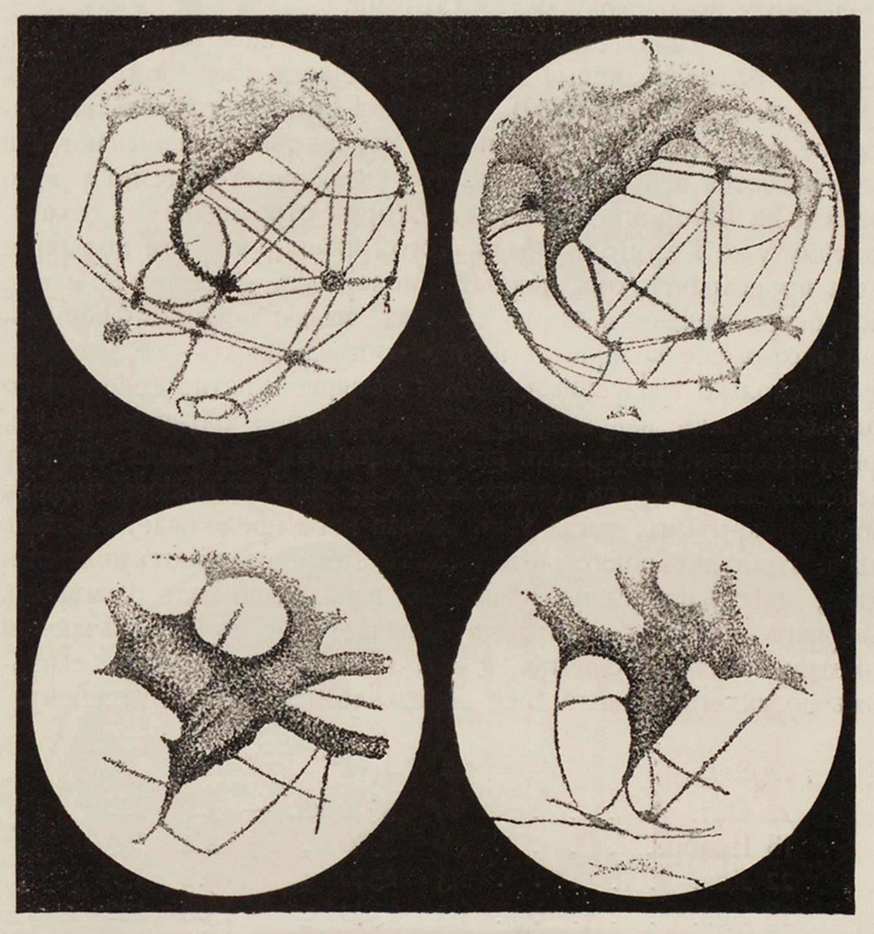


Рис. 55. Море песочныхъ часовъ (Syrtis major) Скіапарелли по рисункамъ Скіапарелли 2 іюня 1888 и 20 іюня 1890, Лоуэлля въ октябрѣ 1890 и Филипса (Philips) 3 октября 1896.

Однимъ изъ замѣчательнѣйшихъ объектовъ на поверхности Марса является „Море песочныхъ часовъ" („Syrtis major" Скіапарелли, „Mer du Sablier" Фламмаріона), зарисованное еще Гюйгенсомъ въ 1659 г. Оно представляетъ треугольную фигуру съ остріемъ книзу (сѣверу). Рис. 55 содержитъ четыре рисунка этого моря съ его окрестностями въ 1888—1896 годахъ. Они по-

казываютъ, какъ измѣнчивы детали на поверхности Марса. Особенно отчетливо выступаетъ раздвоенiе каналовъ. Другой замѣчательный объектъ на поверхности Марса это расположенный ниже южнаго тропика на 90° вост. долготы „Глазъ" („Lacus Solis" Скiапарелли, „Mer de Terby" Фламмарiона). Рис. 56 даетъ карту по рисунку Фламмарiона.

Самыми замѣчательными объектами на поверхности Марса являются бѣлыя полярныя пятна, замѣченныя уже Гюйгенсомъ и Маральди (Maraldi, 1704). Позднѣе Гершель сдѣлалъ замѣчательное открытiе, что эти пятна попеременно уменьшаются и увеличиваются и притомъ такъ, что увеличивается пятно у того полюса, на которомъ зима, т. е. который отвращенъ отъ солнца. Поэтому уже Гершель былъ того мнѣнiя, что эти полярныя пятна происходятъ отъ покрытiя полярныхъ областей снѣгомъ, распространяющагося зимою въ болѣе низкiя широты. Наибольшее протяженiе полярныхъ пятенъ составляетъ 60—70°, наименьшее нѣсколько градусовъ. Иногда полярное пятно совершенно исчезаетъ, какъ напримѣръ, южное полярное пятно въ 1894 г. При уменьшенiи полярныхъ пятенъ остатокъ не всегда бываетъ расположенъ вокругъ самаго полюса; иногда полюсъ можетъ быть непокрытымъ, тогда какъ вблизи него продолжаетъ лежать снѣгъ. Чтобы дать понятiе о томъ, какъ быстро стаиваютъ полярныя пятна, здѣсь приведено нѣсколько наблюденiй надъ размѣромъ сѣвернаго полярнаго пятна. α означаетъ уголъ [1]), отвѣчающiй дiаметру d полярнаго пятна, h есть высота солнца надъ сѣвернымъ полюсомъ, t число дней передъ лѣтнимъ солнцестоянiемъ.

1898/99	α	d		h	t
22 Окт.	60°	3540	км.	— 3.2°	220
18 Ноябр..	56	3300	„	+ 2.4	193
22 Дек.	43	2540	„	9.2	159
28 Янв.	43	2540	„	15.6	122
24 Февр.	42	2480	„	19.4	95
14 Март.	35	2060	„	21.4	77
2 Апр.	33	1950	„	23.4	58
19 Апр.	30	1770	„	24.3	41.

Вообще цвѣтъ всей зимней стороны Марса бываетъ свѣтлѣе и она даетъ меньше подробностей; цвѣтъ лѣтней половины тем-

[1]) ареографическiй, т. е. съ вершиной въ центрѣ Марса.

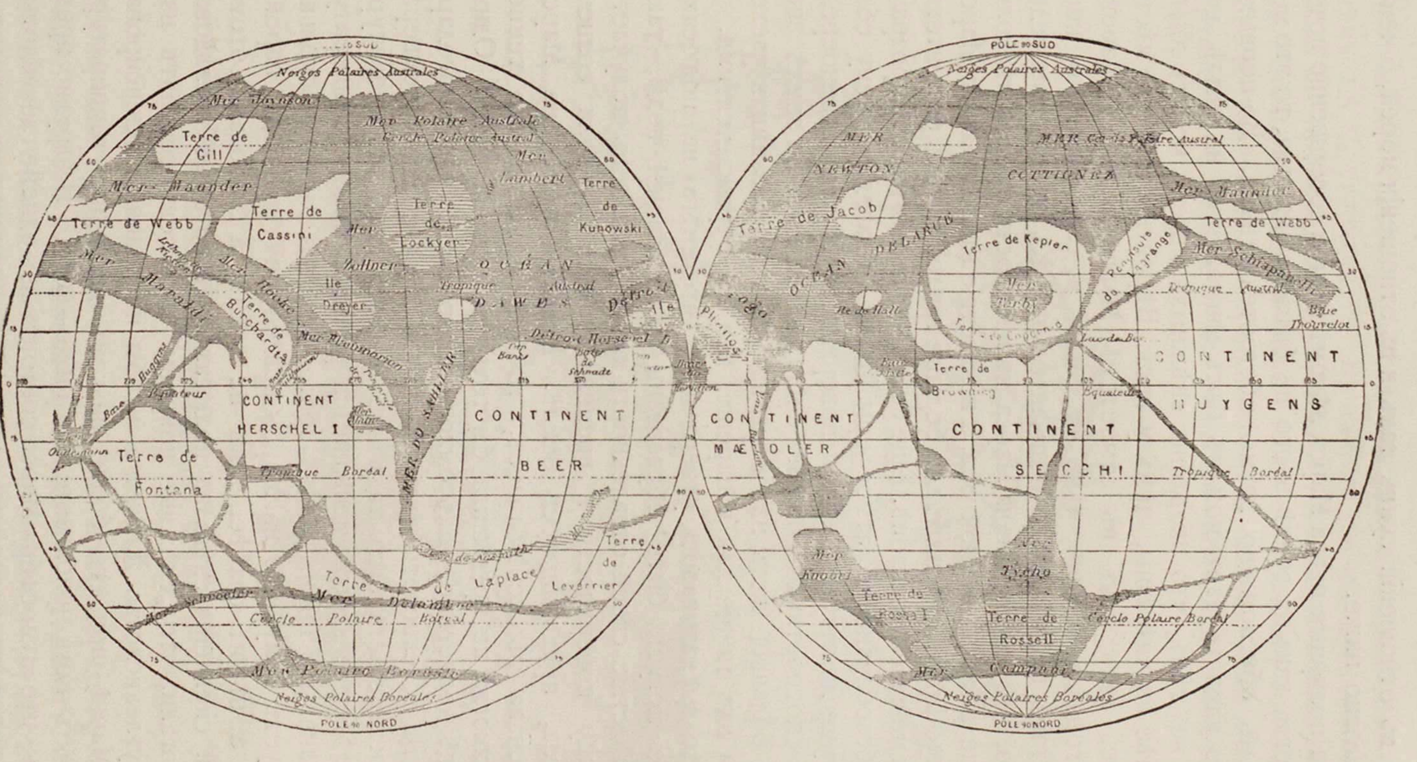


Рис. 56. Полушарія Марса по Фламмаріону (сѣверный полюсъ внизу).

нѣе какъ въ отношенiи суши, такъ и въ отношенiи морей, о чемъ будетъ сказано ниже.

Если полярныя пятна Марса лѣтомъ иногда совершенно исчезаютъ, тогда какъ на землѣ этого не бываетъ никогда, то это можетъ быть обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первыхъ тѣмъ, что климатъ тамъ можетъ быть мягче, чѣмъ на землѣ, во-вторыхъ же тѣмъ, что скопленія снѣжныхъ массъ могутъ быть тамъ менѣе значительны, чѣмъ у насъ. Вѣроятно, имѣетъ мѣсто послѣднее, такъ какъ въ атмосферѣ Марса водяныхъ паровъ имѣется гораздо меньше, чѣмъ на землѣ, и, слѣдовательно, конденсація тамъ сравнительно незначительна. Къ этому присоединяется то, что наклонъ оси Марса къ плоскости орбиты нѣсколько больше наклона земной оси; а вслѣдствіе этого полюсы Марса получаютъ лѣтомъ сравнительно больше теплоты, чѣмъ ея притекало бы при меньшемъ наклонѣ. Еще больше значенія имѣетъ прозрачность и безоблачность атмосферы Марса, благодаря чему солнечные лучи достигаютъ самой поверхности Марса и непосредственнно способствуютъ таянію снѣга, тогда какъ на землѣ значительно бóльшая часть ихъ перехватывается облаками и расходуется на ихъ таяніе или испареніе, или же отражается ими.

Часто высказывалось утвержденіе, что снѣга на полюсахъ Марса не могутъ быть образованы конденсаціей воды, такъ какъ, вслѣдствіе своей отдаленности отъ солнца, онъ получаетъ на единицу поверхности и времени только $^3/_7$ доли солнечнаго тепла, приходящагося землѣ. Еслибы атмосфера Марса не заключала въ себѣ газовъ, то безъ сомнѣнія его температура никогда не превысила бы точки замерзанія воды. Однако, вполнѣ допустимо, какъ было указано выше, что благодаря содержанію углекислоты (какихъ-нибудь 2 %) средняя температура Марса можетъ быть такъ же высока, какъ и температура земли. Влѣдствіе этого уменьшается разница между температурами различныхъ широтъ. Это обстоятельство также нѣсколько содѣйствуетъ тому, что на Марсѣ конденсація водяныхъ паровъ меньше, а вѣтры слабѣе, чѣмъ на землѣ; а благодаря этому меньше и скопленія снѣга на полюсахъ. Нѣкоторые изслѣдователи полагали, что „снѣжные покровы“ полюсовъ состоятъ изъ твердой углекислоты. Для того, чтобы послѣдняя конденсировалась на Марсѣ при его болѣе низкомъ давленіи, температура должна быть тамъ приблизительно ниже —90° С. Но трудно предположить, что атмосфера Марса состоитъ изъ одной углекислоты. Земная атмосфера содержитъ около 0.05 процента углекислоты,

поэтому для атмосферы Марса едва ли можно предположить болѣе, чѣмъ 2.5 % углекислоты. Въ такомъ случаѣ конденсація должна была бы происходить при — 140° С. приблизительно. Но еслибы въ остальномъ условія были схожи съ земными, то температура Марса равнялась бы приблизительно—40° С. Слѣдовательно, затрудненія не меньше и для гипотезы снѣга изъ углекислоты, осо-

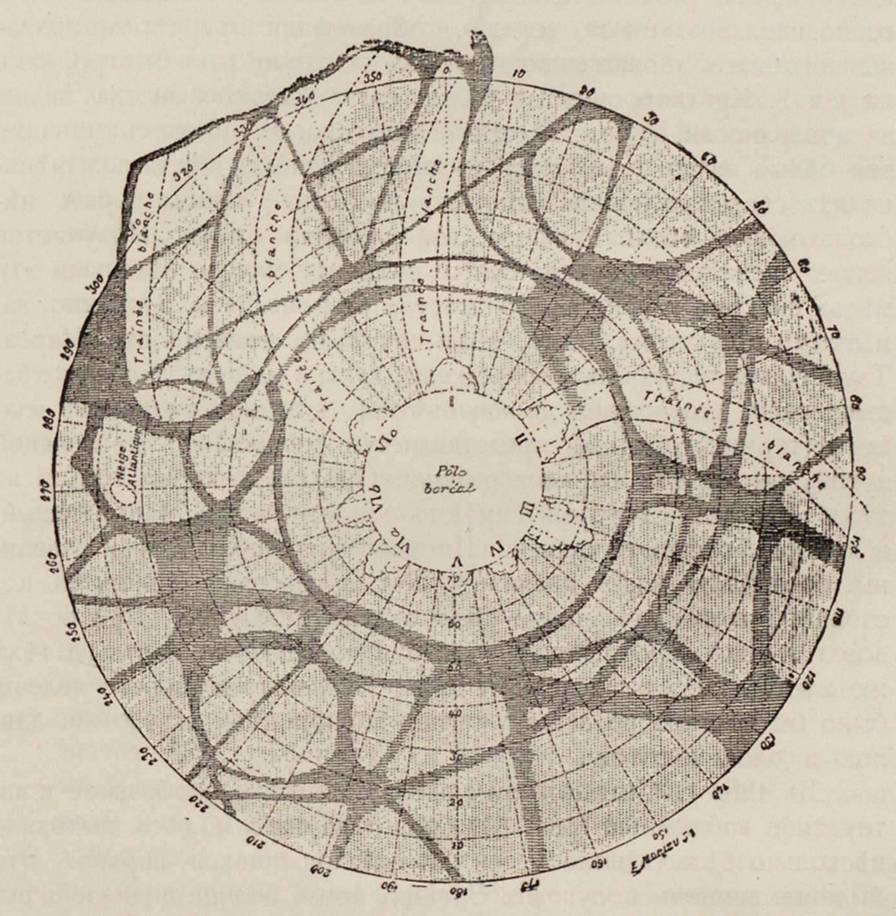


Рис. 57. Исходившія изъ сѣвернаго полюса Марса свѣтлыя полосы по рисунку Скіапарелли, 1882.

бенно если принять во вниманіе, что полярные снѣга Марса очевидно таютъ и получающаяся жидкость затопляетъ ближайшія мѣстности. Жидкая же углекислота не можетъ существовать при давленіи ниже 4 атмосферъ, слѣдовательно, на Марсѣ немыслима.

Иногда на Марсѣ наблюдались, въ видѣ нѣкоторыхъ помутнѣній, и облака, изъ которыхъ выпадали эти снѣжныя массы. Во всякомъ случаѣ они очень рѣдки. Ничтожность облачности въ атмосферѣ Марса Экгольмъ ставитъ въ связь съ незначительностью тяготѣнія на немъ (0.37 земного). Благодаря этому процентное уменьшеніе воздушнаго давленія съ высотою (если воздухъ, какъ на землѣ, состоитъ большею частью изъ азота) на Марсѣ идетъ въ 2.7 разъ медленнѣе, чѣмъ на землѣ, и вслѣдствіе этого восходящія воздушныя теченія, образующія при своемъ охлажденіи облака, теряютъ свою теплоту далеко не такъ быстро, какъ на землѣ. Кратковременныя бѣлыя пятна бываютъ иногда видны на поверхности Марса до самаго экватора. Во многихъ случаяхъ эти бѣлыя пятна появляются въ опредѣленныхъ мѣстахъ, измѣняющихъ свою красноватую окраску въ бѣлую, чтобы черезъ нѣсколько дней опять принять свой прежній цвѣтъ. Получается ясное впечатлѣніе, какъ будто снѣжныя мятели обсыпали эти мѣста снѣгомъ и какъ будто мѣста, становящіяся особенно замѣтными при этомъ, суть возвышенія на поверхности Марса. Такія возвышенія были обнаружены, какъ и на лунѣ, еще и вслѣдствіе того, что граница между свѣтлою и темною сторонами планеты (терминаторъ) не представляется совершенно правильной дугой, но имѣетъ свѣтлыя выемки. Онѣ встрѣчаются только на тѣхъ мѣстахъ, которыя имѣютъ цвѣтъ кожи (коричневый) и которыя считаютъ сушей. Именно тутъ находятся и извилины, соотвѣтствующія долинамъ. Эти образованія слишкомъ постоянны, чтобы ихъ можно было считать облаками. При послѣдовательныхъ противостояніяхъ они появляются опять на тѣхъ же мѣстахъ. По вычисленіямъ для объясненія подобнаго явленія было бы достаточно существованія горной цѣпи въ 140 км. длиною и 3 км. высотою.

Въ 1882 г. Скіапарелли сдѣлалъ очень своеобразное и интересное наблюденіе (рис. 57): изъ сѣвернаго полюса выходило нѣсколько бѣлыхъ полосъ, сильно отклонявшихся вправо. Это было въ зимнемъ полугодіи. Затѣмъ, когда солнце поднялось выше, бѣлыя полосы постепенно исчезли. Полосы исходили изъ выступовъ бѣлаго полярнаго пятна. Еслибы отъ этихъ выступовъ дулъ холодный вѣтеръ, то, вслѣдствіе вращенія планеты вокругъ оси, воздушныя частицы такого потока описывали бы пути, искривленные именно такъ, какъ были изогнуты эти бѣлыя полосы. Невольно возникаетъ мысль, что изъ самыхъ южныхъ мѣстъ сѣверной полярной области исходили холодные вѣтры, вызвавшіе

конденсацію въ болѣе теплыхъ областяхъ, чѣмъ и было обусловлено выпаденіе снѣга по пути этихъ вѣтровъ.

Между бѣлыми полярными пятнами на поверхности Марса видно множество своеобразныхъ деталей. Красновато-желтыя свѣтлыя части чередуются съ голубовато-сѣрыми, болѣе темными. Болѣе темныя мѣста считаютъ морями, свѣтлыя—сушей. Какъ и на землѣ, моря расположены главнымъ образомъ въ южной части этого небеснаго тѣла (рис. 56). Одно сплошное большое море покрываетъ южную полярную область. На сѣверномъ полушаріи встрѣчаются только озера и соединяющіе ихъ каналы. Различнымъ частямъ суши и моря были даны имена, взятыя преимущественно изъ географіи древняго міра. Весьма замѣчательно, что ихъ окраска не остается постоянной,—какъ было замѣчено выше, темныя части увеличиваются во время таянія снѣга на полюсахъ, свѣтлыя, наоборотъ, растутъ зимою. Это можетъ доходить до того, что не только континенты пересѣкаются каналами или цѣлые материки становятся озерами, но и озера раздѣляются валами, окрашенными въ желтый цвѣтъ, на двѣ или большее число меньшихъ частей, или даже совершенно высыхаютъ. Все это указываетъ на то, что большая часть суши Марса состоитъ изъ низменностей, которыя при таяніи льдовъ покрываются очень тонкимъ слоемъ воды, сравнительно легко испаряющимся. Въ связи съ этимъ климатъ Марса нужно считать очень ровнымъ съ температурою, немногимъ лишь превышающей точку замерзанія воды. Вода давно сравняла большія неровности и обратила большую часть поверхности въ очень низкую равнину, окруженную весьма мелкими обширными водными бассейнами, легко заполняющимися и легко высыхающими. Большая часть воды связана вывѣтриваніемъ (гидратизаціей), такъ что только очень незначительное количество ея находится еще въ жидкомъ или газообразномъ состояніи. Небольшія количества еще остающейся воды могутъ продолжать денудацію дальше лишь немного. Подобно тому, какъ очень мало отличаются климаты полюсовъ и экватора, также малы и различія между лѣтомъ и зимою и особенно между днемъ и ночью. Это связано самымъ тѣснымъ образомъ съ теплоохраняющими свойствами атмосферы. Такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Марса больше земного (въ 6 разъ), равно какъ и наклонъ оси къ эклиптикѣ (27^0 вмѣсто $23^1/_2{}^0$), то въ полушаріи (южномъ), имѣющемъ лѣто во время вблизи перигелія (наименьшее разстояніе отъ солнца), должна, впрочемъ, существовать бо̀льшая разница между лѣтомъ и зимою.

Въ этомъ отношенiи можно замѣтить, что мы имѣемъ здѣсь превосходный примѣръ неудовлетворительности теорiи Кролля[1]) (Croll), такъ какъ по ней выходило бы, что названный полюсъ долженъ имѣть ледниковую эпоху, т. е. долженъ быть гораздо болѣе холоднымъ и обледенѣлымъ, чѣмъ сѣверный,



Рис. 58. Юпитеръ по рисунку Грина (N. E. Green) 17 апрѣля 1885. Черный овалъ вблизи экватора есть тѣнь второго спутника. Нѣсколько къ югу отъ экватора лежитъ красное пятно, окруженное бѣлыми облаками.

Вслѣдствiе небольшой разницы температуръ между днемъ и ночью вода почти совсѣмъ теряетъ способность разрушать скалы. Въ силу ничтожности количествъ воды только самыя незначительныя количества двууглекислой извести могутъ растворяться въ водѣ и вымываться въ море. По истеченiи корот-

---

[1]) Кролль думалъ объяснить наступленiе ледниковыхъ эпохъ измѣненiями (вслѣдствiе вѣковыхъ возмущенiй) эксцентриситета земной орбиты, который въ своемъ максимумѣ можетъ достигать величины нынѣшняго Марсова.

каго времени углекислота освобождается изъ двууглекислой соли (воздѣйствіемъ морскихъ животныхъ и растеній, если такія существуютъ). Вся суша покрыта осадочными отложеніями, такъ что углекислота не расходуется на вывѣтриваніе первичныхъ породъ. Количества углекислоты, приносимыя метеорами (или, быть можетъ, существующими еще слѣдами вулканизма), могутъ по большей части сохраняться, чѣмъ и объяснится бóльшее содержаніе углекислоты въ атмосферѣ Марса.

Вообще можно утверждать, что измѣненія, происходящія на Марсѣ, въ высшей степени незначительны и что эта планета въ извѣстномъ отношеніи находится въ глубокой старости. Однако, должно еще пройти много времени, пока Марсъ дойдетъ до той степени, на которой находится наша луна. Противоположностью Марсу можно считать Венеру (если не подтвердится мнѣніе Скіапарелли). На Марсѣ замѣчается чрезвычайная экономія въ небольшихъ тепловыхъ средствахъ, которыя даетъ этой планетѣ солнце, на Венерѣ, наоборотъ, высокій расходъ ихъ вслѣдствіе высокаго альбедо.

Очень много споровъ вызвали каналы Марса. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ они являются раздвоенными (рис. 55). Объясненіе этой особенности еще надолго останется загадкой. Каналы идутъ совершенно прямолинейно и оканчиваются въ моряхъ. Это обстоятельство вызвало даже мысль, что они являются произведеніями разумныхъ существъ. Но такъ какъ каналы, чтобы мы могли ихъ видѣть, должны имѣть ширину по крайней мѣрѣ въ 60 км., то этотъ вопросъ врядъ ли можетъ быть предметомъ спора. Чтобы объяснить внезапное появленіе морей и каналовъ, предполагали также, что они представляютъ только пространства, покрытыя растительностью, въ области пустынь, окрашенной въ красноватый свѣтъ. При таяніи снѣга эти прямолинейные рвы наполняюся водою, служащею для орошенія окружающихъ полосъ земли. Послѣднія покрываются при этомъ растительностью, которая измѣняетъ свѣтлый красновато-желтый цвѣтъ пустынь въ болѣе темный голубоватый оттѣнокъ. Нѣкоторые изслѣдователи (напримѣръ Черулли, Cerulli) пытались объяснить прямолинейную форму каналовъ, какъ субъективное явленіе.

Юпитеръ (рис. 58). У этой планеты легко замѣтить сплющенность, которая вовсе не замѣтна ни у планетъ, перечисленныхъ выше, ни у солнца. Это зависитъ отъ значительной величины центробѣжной силы на этой планетѣ. Ея поперечникъ приблизительно въ 11 разъ больше земного и, однако, ея вращеніе вокругъ оси

совершается въ срокъ меньше 10 часовъ. Какъ и солнце, она обладаетъ тою особенностью, что періодъ вращенія на экваторѣ короче, чѣмъ ближе къ полюсамъ. Такъ, напримѣръ, Деннингъ (Denning) нашелъ слѣдующую продолжительность вращенія:

для экваторіальн. пятенъ	$9^ч$	$50^м$	$24.6^с$
„ пятенъ . . . 12—15° с.	9	55	28.8
„ „ . . . 25—30° с.	9	55	29.8—$9^ч 55^м 53.5^с$
„ „ . . . 25—30° ю.	9	55	18.6
„ „ . . . 40—50° ю.	9	55	9.2

Слѣдовательно, собственно только экваторъ движется нѣсколько быстрѣе, чѣмъ другія части, вращающіяся почти съ одинаковой скоростью. Къ полюсамъ угловая скорость, повидимому, опять нѣсколько увеличивается,—въ противоположность тому, что происходитъ на солнцѣ. По этимъ даннымъ на экваторѣ Юпитера центробѣжная сила должна быть почти въ 70 разъ больше, чѣмъ на землѣ, тогда какъ притяженіе тамъ только въ 2.5 раза превосходитъ земное. Поэтому не удивительно, что сплющенность Юпитера очень замѣтна. Отношеніе между длинами осей равно 15:16. Одна сторона движется по направленію къ намъ, другая отъ насъ со скоростью 12.4 км. Деландръ измѣрилъ по смѣщеніямъ солнечныхъ линій (на основаніи принципа Допплера) эту скорость и нашелъ ее равною 11.8 км. Въ отраженномъ свѣтѣ (какой-нибудь планеты) смѣщеніе линій для опредѣленной скорости вдвое больше, чѣмъ указанное выше (стр. 29) для самосвѣтящагося тѣла, такъ какъ вслѣдствіе отраженія путь свѣтового луча измѣняется вдвое противъ дѣйствительнаго перемѣщенія. Кромѣ особенности вращенія Юпитеръ имѣетъ и ту общую съ солнцемъ особенность, что въ серединѣ планета кажется свѣтлѣе, чѣмъ по краямъ. Именно, только этимъ можно объяснить, почему его спутники при прохожденіи передъ дискомъ планеты кажутся у краевъ ея свѣтлыми, по серединѣ же темными.

На поверхности Юпитера видно много полосъ, идущихъ параллельно экватору; яркость и цвѣтъ этихъ полосъ колеблются между желтовато-бѣлымъ и темнымъ красноватымъ. Болѣе темныя изъ нихъ даютъ полосы поглощенія сильнѣе, чѣмъ болѣе свѣтлыя. Такимъ образомъ, въ первыхъ свѣтъ приходитъ изъ большихъ глубинъ и мы заглядываемъ глубже внутрь атмосферы Юпитера, т. е. части (облака), отражающія свѣтъ, расположены тамъ глубже, чѣмъ въ болѣе свѣтлыхъ областяхъ. Очевидно, причина этого та же самая, по ко-

торой и края планеты кажутся темнѣе, чѣмъ середина ея диска. Любопытно, что Фогель подмѣтилъ колебанія яркости и спектра, которыя, повидимому, указываютъ на то, что образованіе облаковъ (и, заначитъ, и отраженіе свѣта), какъ и на землѣ, сильнѣе всего бываетъ при максимумѣ солнечной дѣятельности. Полосы измѣняютъ свои положенія сравнительно мало. Экваторъ отмѣчается рѣзкой свѣтлой (около 37000 км. шириною) полосой, по обѣимъ сторонамъ которой находятся темныя, а за тѣми снова слѣдуютъ болѣе свѣтлыя и болѣе темныя полосы. Полярныя области темны и на нихъ незамѣтно никакихъ деталей. Ясно выраженное параллельное распредѣленіе полосъ Юпитера находится, безъ сомнѣнія, въ связи съ его большою скоростью вращенія.

Пятна Юпитера сильнѣе развиты на южномъ полушаріи (какъ и у солнца). Самымъ замѣчательнымъ и замѣтнымъ изъ этихъ пятенъ является красное пятно 1872 г., которое было вначалѣ совсѣмъ незамѣтно, но затѣмъ сдѣлалось гораздо рѣзче и отчетливѣе, а потомъ стало медленно блѣднѣть (рис. 59). Его наибольшій діаметръ равнялся (5 сентября 1889 г.) приблизительно 30000 км. Облака расходятся отъ этого пятна. Это указываетъ, что пятно есть охладившееся мѣсто, къ которому, какъ и къ солнечнымъ пятнамъ, спускается воздушное теченіе. Поэтому на красномъ пятнѣ Юпитера мы можемъ заглянуть глубже, чѣмъ гдѣ бы то ни было, въ самое ядро Юпитера. Раньше думали, что Юпитеръ испускаетъ замѣтное количество собственнаго свѣта, но это противорѣчитъ тому, что его луны исчезаютъ, какъ только вступаютъ въ тѣнь планеты.

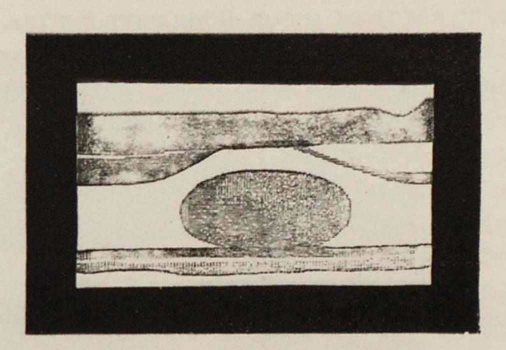


Рис. 59. Красное пятно на Юпитерѣ.

Темныя полосы Юпитера, повидимому, измѣняютъ свою окраску соотвѣтственно періоду 12 лѣтъ. Когда полосы сѣвернаго полушарія имѣютъ ярко красный цвѣтъ, полосы южнаго— блѣдны и даже переходятъ въ голубоватый цвѣтъ, и наоборотъ. Такъ какъ время обращенія Юпитера составляетъ 11.86 лѣтъ, то это измѣненіе цвѣта, вѣроятно, находится въ связи съ временами года, хотя ось Юпитера стоитъ почти перпендикулярно къ плоскости его орбиты.

Часто внѣшній видъ Юпитера измѣняется очень быстро вслѣдствіе того, что облака въ его атмосферѣ быстро мѣняютъ мѣсто. Конечно, это не можетъ зависѣть отъ дѣйствія солнечной теплоты, такъ какъ на Юпитерѣ она равняется только $^1/_{27}$ ея величины для земли. Причина движенія, такимъ образомъ, должна лежать въ самой планетѣ. Поэтому изнутри этой планеты должны отдаваться наружу въ короткое время значительныя количества тепла. Это врядъ ли могло бы быть при наличности твердой коры. И плотность ея (0.24), чрезвычайно близкая къ плотности солнца (0.25), также указываетъ на то, что аггрегатное состояніе Юпитера приблизительно таково же, что и солнца, т. е. газообразное.

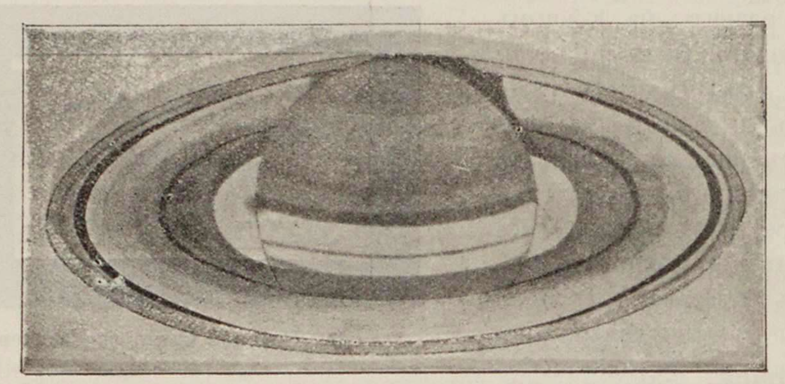


Рис. 60. Сатурнъ въ февралѣ 1887 по Терби (F. Terby).

Испускаетъ ли еще Юпитеръ и собственный свѣтъ, сказать съ увѣренностью нельзя. Но все же въ высшей степени вѣроятно, что внутреннія части этой газовой массы сильно раскалены. Однако, во всякомъ случаѣ, сквозь густой покровъ облаковъ собственный свѣтъ не проходитъ, ибо, какъ сказано выше, какъ только луны Юпитера вступаютъ въ его тѣнь, онѣ совершенно ускользаютъ отъ наблюденія.

Сатурнъ (рис. 60). За исключеніемъ своеобразной системы колецъ эта планета очень сходна съ Юпитеромъ, ея альбедо еще нѣсколько больше, чѣмъ Юпитера, и очень близко къ альбедо Венеры. Вслѣдствіе незначительности силы тяжести (меньше половины тяжести на Юпитерѣ) ея сжатіе еще больше, такъ что полярный радіусъ относится къ экваторіальному, какъ 9.7 : 10.7. Поперечникъ же ея (въ 9.30 раза больше земного) почти достигаетъ величины поперечника Юпитера (11.06). Вре-

мена вращенія также почти одинаковы. По движеніямъ пятенъ Сатурна его періодъ вращенія между 17° и 37° широты опредѣляютъ въ 10ч 14.5м, между 6° сѣв. широты и 12° южной (на экваторѣ) въ 10ч 13м, слѣдовательно, на 1.5 минуты короче. Это соотвѣтствуетъ вращательной скорости на экваторѣ въ 10.4 км. въ секунду, тогда какъ изъ спектроскопическихъ измѣреній найдено 10.3 км. Вслѣдствіе такой большой скорости на немъ, какъ и на Юпитерѣ, образуются параллельныя экватору полосы. Экваторіальная полоса окрашена свѣтлѣе, другія въ болѣе темный красноватый цвѣтъ. Наклонъ плоскости экватора къ плоскости орбиты весьма значителенъ, именно составляетъ 28°. Поэтому времена года въ теченіе обращенія, охватывающаго 29.5 лѣтъ, тамъ выражены очень рѣзко. Гершель, какъ онъ полагалъ, замѣчалъ, что полюсъ, выходящій изъ 15 лѣтней полярной ночи, кажется свѣтлѣе другого, имѣвшаго столь же продолжительное лѣто. Конечно, эта болѣе свѣтлая окраска полюсовъ послѣ полярной ночи не можетъ происходить отъ ледяныхъ и снѣжныхъ массъ, но слѣдуетъ предположить, что образованіе облаковъ бываетъ сильнѣе въ области, выходящей изъ ночного мрака, чѣмъ въ частяхъ, освѣщенныхъ въ теченіе продолжительнаго времени. Такъ какъ плотность Сатурна достигаетъ только половины плотности Юпитера, то кажется, нельзя избѣгнуть заключенія, что Сатурнъ также совершенно газообразенъ и, вѣроятно, обладаетъ еще болѣе высокой температурой, чѣмъ Юпитеръ.

Размѣры кольца и его разстоянія видны изъ рис. 60 и 61 (по Барнарду).

Темными прорѣзами кольцо раздѣляется на три части, расположенныхъ одна въ другой. Самая внѣшняя часть (*AB*) лежитъ на разстояніи между 138 400 и 119 700 км. отъ центра Сатурна. Почти въ серединѣ этой части лежитъ узкій прорѣзъ, дѣленіе Энке (Encke) (рис. 60). Вторая часть отдѣлена отъ первой промежуткомъ (*BC*) въ 2 800 км. ширины, названнымъ, по имени открывшаго его астронома, Кассиніевымъ (Cassini) дѣленіемъ. Она лежитъ на разстояніи отъ 116 900 до приблизительно 86 500 км. отъ центра Сатурна. Безъ рѣзкаго разграниченія она переходитъ въ самое внутреннее, „темное“ кольцо (рис. 60), представляющее только слабое голубоватое сіяніе и потому только сравнительно недавно открытое Бондомъ (Bond). Оно простирается почти до разстоянія 72 600 км. отъ центра и удалено на 11 600 км. отъ поверхности Сатурна, радіусъ котораго равенъ 61 000 км.

Спектръ кольца былъ изслѣдованъ Килеромъ, который нашелъ, что въ немъ отсутствуетъ красная полоса, характерная для Юпитера и самого Сатурна, что, слѣдовательно, кольцо, вѣроятно, не имѣетъ атмосферы или, по крайней мѣрѣ, имѣетъ не такую плотную, какъ ядро Сатурна.

Далѣе, наблюденіе надъ величиною смѣщенія Фраунгоферовыхъ линій показало, что наружныя части кольца движутся медленнѣе внутреннихъ, тогда какъ, еслибы онѣ были неразрывно связаны между собою, должно было бы происходить обратное. Времена обращенія различныхъ мѣстъ относились между собою такъ, какъ слѣдовало бы по третьему закону Кеплера для находящихся на тѣхъ же разстояніяхъ спутниковъ. Отсюда Килеръ заключилъ, что кольцо состоитъ изъ большого количества небольшихъ спутниковъ. Къ подобному заключенію пришли, кромѣ того, и на основаніи природы (поляризаціи) свѣта, отраженнаго различными частями кольца. Встарину, естественно, думали, что это кольцо твердое, затѣмъ перешли къ предположенію, что оно жидко, пока Максуэлль не показалъ, что обѣ такія формы неустойчивы, и потому необходимо предположить, что кольцо состоитъ изъ отдѣльныхъ частей; это мнѣніе, какъ было упомянуто выше, подтвердилось и оптическимъ изслѣдованіемъ.

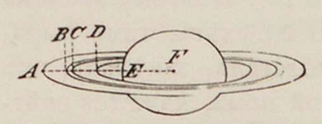


Рис. 61. Размѣры системы Сатурна по Барнарду AB=18700 км., BC=2800 км, CD=30400 км, DE=25500 км., EF=61000 км.

Въ темномъ кольцѣ мелкія частицы, вѣроятно, расположены рѣже, чѣмъ легко объясняется его меньшая яркость. Много разъ обсуждался вопросъ о томъ, приблизилось ли къ планетѣ кольцо со времени его открытія Галилеемъ въ 1612 г. или, правильнѣе, Гюйгенсомъ въ 1655 г. Это, повидимому, вытекаетъ изъ старыхъ наблюденій. Но всетаки очень мало вѣроятно, чтобы столь большія измѣненія могли произойти въ историческое время. Ибо, еслибы существовала атмосфера, окутывающая Сатурнъ и его систему колецъ, которая въ историческое время могла бы уменьшить орбиты частицъ кольца Сатурна, то, безъ сомнѣнія, въ безконечномъ протяженіи прошедшаго времени кольцо уже упало бы на Сатурнъ.

Уранъ былъ открытъ В. Гершелемъ 13 марта 1781 г. Вслѣдствіе его большой отдаленности на немъ нельзя увидѣть сколько-нибудь замѣтныхъ деталей. На немъ видѣли, казалось

иногда, слѣды полосъ, подобныхъ полосамъ Юпитера и Сатурна. О времени его вращенія мы не имѣемъ никакого представленія. Многіе наблюдатели какъ будто замѣчали сильное сжатіе $\left(\text{приблизительно } \frac{1}{14} - \frac{1}{19}\right)$, что дѣлаетъ вѣроятною значительную скорость вращенія; этого, впрочемъ, и слѣдовало бы ожидать въ виду его сходства съ большими планетами.

Нептунъ. По возмущеніямъ движенія Урана Адамсъ (Adams) и Леверрье (Leverrier) вычислили положеніе и величину новой планеты, вызывавшей эти возмущенія. Галле (Galle) сталъ искать въ указанномъ мѣстѣ и нашелъ тамъ эту планету (1846). Эта новая планета нѣсколько меньше своихъ ближайшихъ сосѣдей. Время ея обращенія равно 60181 днямъ (164 года 280 дней), тогда какъ время обращенія Урана составляетъ 30688 дней (84 года 7 дней), а Сатурна 10759 дней (29 лѣтъ 167 дней).

Несмотря на бо́льшую плотность и меньшее альбедо этой планеты, существуетъ мнѣніе, что ея физическое устройство очень похоже на устройство Урана. На это указываетъ и спектроскопическое изслѣдованіе.

Спутники. Начиная съ земли, всѣ внѣшнія планеты имѣютъ одну или нѣсколько лунъ (спутниковъ). Эти луны движутся обыкновенно въ плоскостяхъ, не много отклоняющихся отъ плоскости экватора планеты. Въ этомъ отношеніи луна земли представляетъ исключеніе, такъ какъ наклонъ ея орбиты къ эклиптикѣ составляетъ только $5^{0}8'10''$, плоскость же земного экватора наклонена къ эклиптикѣ на $23^{1}/_{2}{}^{0}$. Наша луна также необыкновенно велика въ сравненіи съ главнымъ тѣломъ, такъ какъ ея радіусъ равняется 1740 км. (= 0.27 радіуса земли). Затѣмъ, она обладаетъ необыкновенно большимъ эксцентриситетомъ орбиты въ 0.055.

Въ 1877 г. А. Голль въ Вашингтонѣ открылъ двухъ спутниковъ Марса, названныхъ Фобосомъ и Деймосомъ. Наклоны ихъ орбитъ равны $26^{0}\,17'$ и $25^{0}\,47'$, слѣдовательно́, очень близки къ наклону экватора планеты. Удивительнѣе всего у этихъ лунъ то, что внутренняя, Фобосъ, удаленная отъ центра Марса только на 9300 км. (6900 км. отъ его поверхности), имѣетъ значительно болѣе короткое время обращенія, $7^{ч}\,39^{м}$, чѣмъ самое ядро Марса ($24^{ч}\,37^{м}$). Слѣдовательно, для наблюдателя на Марсѣ онъ восходитъ на западѣ и заходитъ на востокѣ.

Деймосъ находится на разстояніи 23000 км. отъ центра Марса и проходитъ свою орбиту въ $30^{ч}\,18^{м}$. Обѣ луны крайне не-

значительны: онѣ имѣютъ діаметръ только около 10 км. Эксцентриситеты ихъ орбитъ равны 0.032 и 0.006.

Большое вниманіе возбудило открытіе Галилеемъ четырехъ лунъ Юпитера. Ихъ разстоянія отъ центра Юпитера составляетъ 420000, 669000, 1067000 и 1877000 км. (6, 9.5, 15 и 26.5 радіусовъ Юпитера). Въ новѣйшее время Барнардъ открылъ пятую луну, разстояніе которой не превышаетъ 1.7 радіусовъ Юпитера. Времена ихъ обращенія, разстоянія (въ тысячахъ км.), діаметры и массы (въ сравненіи съ массою нашей луны), плотности (плотность земли = 1) и наклоны орбитъ сопоставлены въ слѣдующей таблицѣ:

Луна	Время обращ.	Разстояніе	Діам.	Масса.	Плотность.	Наклонъ.
V	$12^ч$	126×10^3км.	—	—	—	—
I	$1^д$ 18	420	4070	0.43	0.17	2.8°
II	3 13	669	3430	0.50	0.32	1.37
III	7 4	1067	5790	2.23	0.29	2.0
IV	16 17	1877	4830	1.07	0.25	1.57.

Относительно V спутника Юпитера положительно извѣстно, что его орбита имѣетъ по отношенію къ экватору Юпитера наклонъ не больше 20′ приблизительно. На I спутникѣ Юпитера была замѣчена экваторіальная полоса, подобная полосамъ Юпитера. Кромѣ того, его спектръ даетъ въ красномъ цвѣтѣ такую же полосу поглощенія, какъ и планета; поэтому вѣроятно, что его физическое устройство одинаково съ устройствомъ Юпитера. На газообразность этого спутника указываетъ и его незначительная плотность. Изъ существованія экваторіальной полосы заключаютъ, что онъ вращается, но не всегда обращенъ къ планетѣ одной и той же стороной. Наоборотъ, послѣднее, повидимому, имѣетъ мѣсто для III и IV спутниковъ Юпитера. IV спутникъ кажется въ различныхъ положеніяхъ различно яркимъ и именно, обращенная къ Юпитеру сторона является болѣе свѣтлою. По наблюденіямъ Дёгласа (Douglass) надъ пятнами III спутника и этотъ послѣдній вращается, вѣроятно, аналогично предыдущему. III и IV спутники Юпитера являются наибольшими въ солнечной системѣ. Первый изъ нихъ замѣтно превосходитъ Меркурій (поперечникъ 4800 км.), второй имѣетъ такіе же размѣры, какъ эта планета. II спутникъ приблизительно имѣетъ размѣры нашей луны, а I занимаетъ среднее мѣсто между земною луною и Меркуріемъ.

Эксцентриситеты ихъ орбитъ чрезвычайно малы; больше всего они у III и IV (0.0013 и 0.0072).

Сатурнъ очень богатъ спутниками. Они имѣютъ довольно незначительные размѣры, такъ что только для наибольшаго изъ нихъ, Титана, можно было непосредственно измѣрить діаметръ. Барнардъ нашелъ его равнымъ приблизительно 4000 км. Ихъ величину опредѣляютъ по фотометрическимъ измѣреніямъ, въ предположеніи, что они обладаютъ одинаковымъ съ Сатурномъ альбедо. Это предположеніе неправильно, по крайней мѣрѣ для внѣшнихъ спутниковъ, и, вѣроятно, мы подойдемъ ближе къ истинѣ, предположивъ, что приведенныя ниже цифры для діаметровъ, вычисленныя указаннымъ образомъ, выражаютъ соотвѣтствующіе радіусы. Это, очевидно, выполняется приблизительно для Титана. Важнѣйшіе элементы ихъ даны въ слѣдующей таблицѣ:

	Время обращ.			Разстояніе.	Діам.	Эксцентрис.	Наклонъ.	
Мимасъ . .		22ч	37м	186×10³ км.	470 км.	—	—	
Энцеладъ .	1д	8	53	238	594	—	—	
Фетида . .	1	21	18	294	916	0.011	28°	10′
Діона . . .	2	17	41	379	871	0.003	28	10
Рея	4	12	25	526	1197	0.001	28	8
Титанъ . .	15	22	41	1222	2259	0.028	27	37
Гиперіонъ .	21	7	28	1480	310	0.125	28	10
Япетъ . . .	79	7	54	3538	783	0.028	18	38.

У Япета открыто такое же измѣненіе блеска (почти въ отношеніи 1:4), какъ и у IV луны Юпитера. Поэтому вѣроятно, что Япетъ всегда обращенъ къ Сатурну одной и той же стороной. Но странно, что къ Сатурну обращена не свѣтлая сторона, а половина свѣтлой и половина темной. Соотвѣтственно этому Янетъ бываетъ видимъ слабѣе всего при своей восточной элонгаціи, ярче всего при западной.

Всѣ спутники Сатурна, за исключеніемъ самаго внѣшняго, Япета, описываютъ орбиты, лежащія очень близко къ плоскости экватора планеты. Гиперіонъ замѣчателенъ тѣмъ, что обладаетъ наибольшимъ эксцентриситетомъ орбиты изъ всѣхъ спутниковъ, приблизительно въ 2.2 раза больше, чѣмъ у земной луны, занимающей въ этомъ отношеніи второе мѣсто. [1])

---

[1]) Во второй половинѣ 1898 г. В. Пикерингомъ въ Арекипѣ (Юж Амер.) былъ открытъ фотографически еще одинъ, чрезвычайно слабый – быть можетъ, даже невидимый глазу и въ самые сильные телескопы, – спутникъ Сатурна, самый далекій отъ него (около 10000000 км) съ обращеніемъ около 16 мѣсяцевъ. Его существованіе, впрочемъ, еще не установлено вполнѣ достовѣрно.

Уранъ имѣетъ четыре луны, изъ которыхъ двѣ внѣшнія имѣютъ по фотометрическимъ измѣреніямъ діаметры въ 900 км. При этомъ предполагается, что ихъ альбедо равняется альбедо главной планеты, въ силу чего въ этомъ случаѣ получаютъ величины вѣроятно, слишкомъ малыя въ отношеніи 1 : 1.75. Внутренніе спутники, судя по ихъ яркости, имѣютъ діаметры почти въ 1.5 раза меньшіе, чѣмъ внѣшніе.

Данныя касательно этихъ лунъ сопоставлены здѣсь:

	Время обращ.	Разстояніе.	Эксцентрис.	Наклонъ
Аріель	$2^d.52$	194×10^3 км.	0.02	$97^0 58'$
Умбріель	4. 14	271	0.01	98 21
Титанія	8. 71	444	0.0011	97 47
Оберонъ	13. 46	593	0.0038	97 54.

Наклоны орбитъ этихъ спутниковъ весьма хорошо согласуются между собою и превышаютъ 90°, т. е. эти орбиты образуютъ приблизительно прямой уголъ съ эклиптикою, и движенія ихъ, слѣдовательно, обратныя. Такимъ образомъ въ то время, какъ движенія большинства лунъ и планетъ, если смотрѣть на нихъ съ сѣвера отъ эклиптики, происходятъ въ направленіи, обратномъ движенію часовой стрѣлки, луны Урана движутся въ направленіи часовой стрѣлки. Еще большее уклоненіе представляетъ спутникъ Нептуна, орбита котораго имѣетъ наклонъ въ 145.7°. А такъ какъ орбиты спутниковъ совпадаютъ вообще очень близко съ экваторіальными плоскостями главныхъ планетъ, то, вѣроятно, и вращеніе вокругъ оси какъ Урана, такъ и Нептуна обратно (но ихъ движенія въ орбитахъ вокругъ солнца идутъ въ нормальномъ направленіи). Спутникъ Нептуна движется вокругъ своей планеты на разстояніи 454000 км. (=14.54 радіусовъ Нептуна) въ 5.88^d. Его величина опредѣляется по яркости приблизительно равною величинѣ земной луны. Эксцентриситетъ его орбиты очень невеликъ, а именно равенъ 0.0088.

Зодіакальный свѣтъ. Подъ тропиками, а при особенно благопріятныхъ для наблюденія внѣшнихъ условіяхъ и въ нашихъ широтахъ, ночью въ сторонѣ солнца бываетъ видимъ слабый свѣтъ. Это сіяніе поднимается отъ горизонта въ видѣ пирамиды, средняя линія которой идетъ по зодіаку, откуда и произошло его названіе. У насъ онъ бываетъ видимъ лучше всего весною (вечеромъ) и осенью (утромъ), потому что эклиптика тогда образуетъ наибольшій уголъ съ горизонтомъ (при заходѣ и восходѣ солнца),



Рис. 62. Зодіакальный свѣтъ въ тропикахъ,

На вечернемъ небѣ оно ярче, чѣмъ на утреннемъ. Иногда сіяніе заходитъ выше, такъ что образуетъ на небѣ непрерывный слабый свѣтлый поясъ, максимумъ яркости котораго, называемый „отблескомъ“ (Gegenschein, впервые замѣченный въ 1854 г. Брорзеномъ, Brorsen), приходится на точку неба, прямо противоположную солнцу.

Согласно старому, еще не совсѣмъ оставленному, представленію зодіакальный свѣтъ производится множествомъ мелкихъ частичекъ, образующихъ вокругъ солнца скопленіе въ видѣ чечевицы, съ наибольшимъ протяженіемъ вдоль эклиптики. Изъ спектра его заключили, что онъ возникаетъ отъ отраженія свѣта отъ твердыхъ (или жидкихъ) частичекъ. Именно, онъ поляризованъ и даетъ сплошной спектръ, содержащій солнечныя линіи.

Для объясненія „отблеска“ предполагали, что безчисленныя количества маленькихъ тѣлецъ (вещество падающихъ звѣздъ) движутся отъ солнца или къ солнцу. Вслѣдствіе дѣйствія перспективы намъ долженъ былъ бы быть виденъ родъ вѣнца, какъ при полярномъ сіяніи, который долженъ находиться какъ разъ противъ солнца, именно, если маленькія тѣльца движутся въ направленіи радіусовъ солнца. Мы указали вѣроятную причину зодіакальнаго свѣта выше (стр. 160).

Кометы. Небесныя тѣла, которыя мы разсматривали до сихъ поръ, движутся вокругъ солнца въ почти круговыхъ орбитахъ; иначе обстоитъ дѣло съ кометами, описывающими почти параболическія орбиты. Нѣкоторыя изъ нихъ движутся въ эллиптическихъ орбитахъ, которыя иногда отходятъ отъ солнца не слишкомъ далеко. Послѣднія, между которыми такъ называемыя періодическія кометы наблюдались нѣсколько разъ, принадлежатъ солнечной системѣ въ теченіе долгаго времени. Орбита такой кометы почти во всѣхъ случахъ бываетъ въ одной точкѣ очень близка къ орбитѣ какой нибудь планеты. На этомъ основывается предположеніе, что данныя кометы пришли въ солнечную систему изъ безконечной дали и удалились бы опять въ безконечность, еслибы онѣ не были захвачены притяженіемъ находившейся очень близко планеты. Изъ 70 такихъ кометъ 4 присоединены къ нашей солнечной системѣ Меркуріемъ, 7 Венерою, 10 землею, 4 Марсомъ, 23 Юпитеромъ, 9 Сатурномъ, 8 Ураномъ и 5 Нептуномъ. Существуетъ еще нѣсколько кометъ, орбиты которыхъ пересѣкаютъ эклиптику на разстояніи отъ солнца около 70 радіусовъ земной орбиты. На этомъ основаніи предполагали существованіе здѣсь занептунной планеты.

Во всякомъ случаѣ, кометы рѣзко отличаются отъ прочихъ членовъ солнечной системы. Значительные эксцентриситеты и большіе наклоны ихъ орбитъ къ эклиптикѣ указываютъ на ихъ чуждое планетамъ происхожденіе. Такъ какъ кометы столь легко могутъ включаться въ планетную систему, то также легко онѣ могутъ и выбрасываться изъ нея; при ихъ почти параболической орбитѣ достаточно очень небольшого возмущенія, чтобы вызвать очень большое измѣненіе во времени обращенія.

Если кометы столь сильно подвергаются возмущающему дѣйствію планетъ, то возникаетъ вопросъ: не вліяютъ ли съ другой стороны, и кометы на планеты? Этого нѣтъ. Поэтому слѣдуетъ предположить, что массы этихъ небесныхъ тѣлъ чрезвычайно малы; это обстоятельство было хорошо извѣстно уже Ньютону. Это согласуется также и съ тѣмъ, что лучи свѣта, идущіе отъ звѣздъ, которыя наблюдались сквозь туманныя массы головъ кометъ, не показывали замѣтнаго отклоненія вслѣдствіе кометной атмосферы. Одинъ только разъ В. Мейеру (W. Meyer) удалось, повидимому, замѣтить и измѣрить атмосферную рефракцію у кометы іюля 1881 г., причемъ плотность газовой оболочки кометы измѣнялась примѣрно обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра ядра кометы. Количество вещества на единицу объема на разстояніи 10 200 км. отъ ядра выходило такое же, какъ и въ трубкѣ съ разрѣженнымъ газомъ при давленіи въ 5 мм. Отсюда онъ вычислилъ, что вся масса кометы должна была быть приблизительно въ 300 разъ меньше массы луны, но и этотъ результатъ, кажется, еще слишкомъ великъ.

Кометы не всегда появляются одинаково часто; Берберихъ (Berberich) показалъ, что онѣ бываютъ чаще въ годы сильной солнечной дѣятельности. Точно также въ годы высокой солнечной дѣятельности кометы имѣютъ бо̀льшіе или, правильнѣе, болѣе яркіе хвосты.

Не всѣ кометы имѣютъ хвосты. Такъ называемыя телескопическія кометы отличаются иногда отъ маленькихъ туманностей только своимъ движеніемъ. Однако, обыкновенно онѣ имѣютъ очень обширную газовую оболочку, окружающую свѣтлое ядро. Иногда ядро бываетъ такъ слабо развито, что его не видно. Изъ ядра часто выходятъ полосы въ видѣ спицъ, переходящія въ такъ называемую оболочку. Только тогда, когда комета приближается къ солнцу, она развиваетъ хвостъ, увеличивающійся все больше и больше, пока комета не достигнетъ положенія, наиболѣе близкаго къ солнцу. Затѣмъ хвостъ постепенно

уменьшается, но обыкновенно медленнѣе, чѣмъ увеличивался, и наконецъ исчезаетъ. Матерія хвоста исходитъ изъ параболоидальной оболочки, окружающей голову кометы со стороны солнца. Эта оболочка образуется очевидно испареніемъ вещества изъ ядра кометы. Иногда это происходитъ толчками, такъ что оболочка дѣлается двойной или тройной. Вблизи солнца она сокращается.

Оболочка была изслѣдована спектроскопически и было найдено, что она даетъ спектръ отчасти сплошной съ солнечными линіями, указывающій на присутствіе твердыхъ или жидкихъ частицъ, а отчасти такой, который указываетъ на газообразный составъ. Газы, типически встрѣчающіеся въ кометахъ, принадлежатъ къ углеводородамъ или родственнымъ имъ окиси углерода и ціану. Углеводороды даютъ спектры съ тремя полосами, одною въ желтомъ, одною въ зеленомъ и одною въ голубомъ цвѣтахъ, встрѣчающимися болѣе или менѣе отчетливо во всѣхъ кометахъ (ср. табл. II). Когда послѣднія подходятъ ближе къ солнцу, онѣ даютъ иногда линіи натрія; иногда же, когда температура становится очень высокой, выступаютъ также и линіи желѣза (большая комета 1882). Газы выступаютъ только тогда, когда комета подходитъ достаточно близко къ солнцу. Кометы такъ же мало, какъ и луна, могутъ удерживать постоянную атмосферу. Другое затрудненіе для изслѣдователя газы кометъ представляютъ въ томъ отношеніи, что они свѣтятся, находясь отъ солнца на такомъ разстояніи, гдѣ температура не можетъ быть выше, чѣмъ въ наиболѣе нагрѣваемой точкѣ луны. Это показываетъ, что здѣсь, вѣроятно, имѣютъ мѣсто электрическіе процессы. Объяснено это можетъ быть той теоріей, что солнце, вѣроятно, выбрасываетъ во всѣ стороны отрицательно-заряженныя небольшія частички. Онѣ попадаютъ на кометы и вызываютъ здѣсь разряды, производящіе свѣченіе газовъ. Эти газы поглощены ядромъ или находятся въ твердомъ состояніи до тѣхъ поръ, пока комета не подойдетъ къ солнцу достаточно близко. Въ теченіе короткаго времени, пока комета близка къ солнцу, газы не исчезаютъ совершенно. Быть можетъ также, кометы на своемъ пути чрезъ міровое пространство захватываютъ и собираютъ тяжелые углеводороды. И другія обстоятельства, напримѣръ, то, что спектръ углеводородовъ часто исчезаетъ, какъ только появляется спектръ натрія, также склоняютъ къ предположенію, что свѣченіе вызывается здѣсь электрическими разрядами; сходныя явленія съ указанной

смѣной спектровъ, наблюдаются также при пропусканіи разрядовъ чрезъ Гейслеровы трубки.

Наибольшую загадку представили для астрономовъ хвосты. Часто кометы имѣютъ по нѣсколько хвостовъ, какъ великолѣпная комета Донати (Donati) 1858 г. (рис. 63), или большія кометы 1744 и 1861 гг., имѣвшія не менѣе 6 и 5 приблизительно одинаково развитыхъ хвостовъ. Обыкновенно эти хвосты бываютъ различно изогнуты и направлены въ сторону отъ солнца, а кривизна ихъ такова, какъ будто они встрѣчаютъ сопротивленіе



Рис. 63.

при движеніи по орбитѣ кометы. Ньютонъ основалъ на этомъ способъ вычисленія скорости, съ которою вещество хвоста вытекаетъ изъ кометы. Пусть ab (рис. 64) будетъ орбита ядра, находящагося въ c, когда точка хвоста находится въ g. Пусть линія gS, соединяющая точку хвоста съ солнцемъ, пересѣкаетъ ab въ k; тогда, такъ какъ вещество хвоста удаляется отъ солнца въ направленіи солнечныхъ лучей, оно опишетъ путь kg въ то время, какъ ядро кометы пройдетъ часть орбиты kc. Такъ какъ опредѣлить скорость кометнаго ядра не трудно, то легко можно вычислить и скорость матеріи хвоста. Ольберсъ (Olbers) нашелъ такимъ путемъ для хвоста кометы 1811 г. среднюю ско-

рость около 90 км. въ секунду. Изъ формы хвоста Ольберсъ заключилъ, что матерія его отталкивается, какъ головою кометы, такъ и солнцемъ. Выводить заключенія относительно этого своеобразнаго явленія можно проще изъ величины отталкивающей силы солнца, чѣмъ изъ величины скорости. Кеплеръ, согласно господствовавшей тогда теоріи истеченія свѣта, былъ того мнѣнія, что свѣтовая матерія, вытекающая изъ солнца, отталкиваетъ части хвоста и оказываетъ такимъ образомъ на нихъ давленіе. Это воззрѣніе очень близко подходитъ къ тому, которое вытекаетъ изъ теоріи свѣта Максуэлля, что свѣтовое и тепловое излученіе оказываетъ давленіе на тѣла, находящіяся на пути лучей. Мнѣніе Кеплера было оставлено Ньютономъ, полагавшимъ, что кометные хвосты легче, чѣмъ окружающая матерія, и поэтому получаютъ направленный въ сторону отъ солнца импульсъ, какъ это происходитъ со столбомъ дыма, подымающагося изъ трубы потому, что онъ легче окружающаго воздуха. И у нѣсколькихъ кометъ, особенно у кометы Энке (Encke), какъ полагаютъ, замѣчалось сопротивленіе тренія ихъ движенію въ орбитѣ. Но болѣе точныя изслѣдованія доказали, что это сопротивленіе бываетъ временное и иногда даже отрицательное, что несовмѣстимо съ треніемъ. Большія кометы 1843 и 1880 гг. проходили такъ близко возлѣ солнца, что отстояли отъ него меньше, чѣмъ на половину солнечнаго радіуса, и обладали при этомъ скоростями, достигавшими 570 и 540 км. въ сек. Хотя атмосфера, окружающая солнце, должна быть вблизи него особенно плотной, а сопротивленіе чрезвычайно возростаетъ со скоростью, но въ движеніяхъ этихъ кометъ не было замѣчено никакого возмущенія. Это приводитъ къ заключенію, что въ сосѣдствѣ солнца нѣтъ сколько-нибудь значительнаго количества матеріи, которая могла бы давать импульсъ истеченію изъ головы кометы. Мнѣніе Ньютона было вскорѣ оставлено и стали принимать, что дѣйствіе солнца обусловлено его электрическимъ зарядомъ и, вѣроятно, зарядомъ отрицательнымъ.

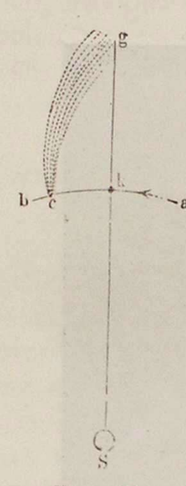


Рис. 64.

Что касается отталкивательной силы, то, по измѣреніямъ Ольберса и Бесселя, она обратно пропорціональна квадрату разстоянія частицы хвоста отъ солнца, слѣдовательно, подчиняется тому же закону, что и солнечное излученіе. Бессель

нашелъ для Галлеевой (Halley) кометы въ 1835 г., что отталкиваніе было почти въ 12 разъ больше притяженія солнца, направленнаго въ противоположную сторону. Но число это различно въ различныхъ случаяхъ. При очень мало изогнутыхъ хвостахъ, въ которыхъ отталкиваніе сравнительно велико, оно можетъ достигнуть величины въ 17.5 разъ большей притяженія. Въ одномъ случаѣ, для кометы 1893 II Гёссей думалъ, что отталкивательная сила была въ 247 разъ больше притяженія. Въ другихъ случаяхъ она превышаетъ притяженіе только въ 1.33 раза. Бредихинъ, изслѣдовавшій точнѣе эти соотношенія, думаетъ, что различные хвосты могутъ быть раздѣлены въ этомъ отношеніи на 3 различныхъ рѣзко отграниченныхъ класса. Онъ полагаетъ, что матерія, изъ которой состоитъ хвостъ, тѣмъ легче, чѣмъ больше отталкивательная сила сравнительно съ притяженіемъ. Однако, кажется затруднительнымъ строго отдѣлить классы Бредихина одинъ отъ другого; напротивъ, они скорѣе связаны постепенными переходами. Это и естественно, согласно указанной раньше теоріи, такъ какъ отталкивательная сила (при одинаковомъ разстояніи отъ солнца) обратно пропорціональна діаметру частичекъ кометъ и ихъ удѣльному вѣсу. Но такъ какъ допустимы всевозможные діаметры продуктовъ конденсацій изъ головы кометы, въ зависимости отъ внѣшнихъ обстоятельствъ, то, очевидно, могутъ встрѣчаться всевозможныя величины отталкивательной силы. Съ этимъ согласуется и наблюденіе Цёльнера, что для одного и того же хвоста сила эта можетъ со временемъ измѣняться. Становится понятнымъ также, почему яркость кометы увеличивается вмѣстѣ съ солнечною дѣятельностью, какъ Берберихъ доказалъ это относительно кометы Энке: при сильной солнечной дѣятельности число частичекъ вблизи солнца, вокругъ которыхъ могутъ происходить конденсаціи, бываетъ значительнѣе; слѣдовательно, хвосты должны становиться плотнѣе и ярче.

Вещество кометы, конденсирующееся въ кометномъ хвостѣ, будетъ осаждаться на этихъ отрицательныхъ частичкахъ вблизи кометы и затѣмъ увлекаться съ ними дальше. Поэтому, когда земля будетъ проходить сквозь хвостъ кометы, согласно вышесказанному, должно возникнуть свѣтовое явленіе, подобное полярнымъ сіяніямъ, что дѣйствительно и наблюдалось въ подобныхъ случаяхъ.

Оболочка кометы возникаетъ такимъ образомъ, что въ то время, какъ голова кометы вблизи солнца подвергается сильному излученію, съ нея испаряются большія количества жидкаго углеводорода,

при восхожденіи охлаждающіяся и конденсирующіяся на частичкахъ пыли. Вблизи солнца находится множество такихъ частичекъ пыли, становящихся центрами конденсаціи. Испареніе пропорціонально солнечному лучеиспусканію, т. е. обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ солнца. Еслибы и количество частичекъ пыли вблизи солнца увеличивалось въ той же пропорціи, то оболочка, представляющая собой мѣсто конденсаціи, находилась бы всегда на одинаковомъ разстояніи отъ головы кометы. Но такъ какъ количество солнечной пыли вблизи солнца увеличивается много быстрѣе, чѣмъ по этому закону, то слѣдствіемъ его является, что оболочка вблизи солнца сокращается (стр. 161).

Радіальные лучи, исходящіе изъ головы кометы къ оболочкѣ, можно разсматривать, какъ облачные столбы (по Цёльнеру). Бессель наблюдалъ при одномъ такомъ образованіи маятникообразное движеніе въ плоскости орбиты около вектора, направленнаго къ солнцу, для объясненія чего онъ предположилъ участіе „полярныхъ" силъ. Цёльнеръ пытался объяснить это движеніе при помощи теоріи испаренія.

Особенностью кометъ, зависящею отъ незначительности ихъ массъ и большого эксцентриситета ихъ орбитъ, является ихъ неустойчивость. Вблизи солнца кометы отчасти теряютъ вещество, идущее на образованіе хвоста и отталкиваемое въ безконечность. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, повидимому, такая потеря дѣйствительно констатируется, такъ какъ величина хвоста у нѣсколькихъ періодическихъ кометъ уменьшилась. Съ другой же стороны, ядро также подвержено колоссальнымъ измѣненіямъ температуры. Такъ какъ наибольшее разстояніе кометъ отъ солнца бываетъ часто чрезвычайно велико и въ большинствѣ случаевъ превосходитъ 4—5 радіусовъ земной орбиты, то ихъ температура понижается вслѣдствіе ничтожности тамъ теплового излученія солнца приблизительно до —150° С. или, если къ солнцу обращена всегда одна сторона, на самыхъ теплыхъ мѣстахъ до — 100° С. На своемъ наименьшемъ разстояніи онѣ находятся несравненно ближе къ солнцу, скажемъ, въ четыре раза ближе, что еще сравнительно низкая цифра. Тогда абсолютная температура внезапно повышается до гораздо болѣе высокой, въ данномъ случаѣ вдвое (на 120°—170°). А такъ какъ эти измѣненія температуры происходятъ у періодическихъ кометъ сравнительно часто, то возможность ихъ распада легко представить. Еще болѣе это приложимо къ большимъ кометамъ, которыя, какъ кометы 1843 и 1880 гг., приходятъ изъ—говоря практически—безконечной дали,

чтобы раскалиться вблизи солнца до появленія въ спектрѣ линій натрія и желѣза. Вслѣдствіе чрезвычайно непрочнаго сцѣпленія вещества кометъ и метеоритовъ распаденіе облегчается еще болѣе (ср. стр. 162). Въ силу ничтожности массы части кометъ не оказываютъ замѣтнаго притяженія другъ на друга и остаются раздѣльными. Весьма незначительной силы при распаденіи, достаточно, чтобы дать частямъ замѣтно различныя орбиты съ весьма сильно разнящимися временами обращенія. Такимъ образомъ изъ одной кометы образуется двѣ или болѣе. Подобныя раздѣленія и наблюдались иногда, какъ, напримѣръ, у кометы Біела (Biela) 1845 и большой сентябрьской кометы 1882 г. Разстояніе другъ отъ друга обѣихъ частей кометы Біела, составлявшее въ 1845 г. около 300000 км., возросло въ 1852 г. до 2500000 км. Такимъ образомъ объясняется то, что нѣсколько кометъ идутъ почти по одной и той же орбитѣ: онѣ являются, вѣроятно, частями одного небеснаго тѣла. Тѣмъ же самымъ образомъ объясняются по Скіапарелли и рои падающихъ звѣздъ. Напримѣръ, одинъ рой падающихъ звѣздъ появился на мѣстѣ исчезнувшей съ 1852 кометы Біела, обладавшей временемъ обращенія въ 6.6 лѣтъ. Эти падающія звѣзды наблюдаются въ концѣ ноября (27) и черезъ каждыя 13 лѣтъ, когда земля и комета занимаютъ опять почти одинаковое положеніе другъ отъ друга въ міровомъ пространствѣ, бываютъ болѣе интенсивны. Такіе дожди падающихъ звѣздъ и наступили съ большою точностью въ 1872 и въ 1885 гг. Но 27 ноября 1898 г. ихъ почти совсѣмъ не было. Эти падающія звѣзды называются также Андромедидами, такъ какъ онѣ кажутся выходящими изъ созвѣздія Андромеды.

Пути различныхъ падающихъ звѣздъ, происходящихъ отъ одной и той же кометы, почти параллельны между собою. Вслѣдствіе этого въ силу перспективы они кажутся пересѣкающимися другъ съ другомъ въ одной точкѣ небеснаго свода. Въ эту точку, называемую радіантомъ (центромъ радіаціи), направлена, какъ легко убѣдиться, касательная къ орбитѣ кометы въ точкѣ пересѣченія ея съ орбитой земли. Такъ какъ эта точка въ большинствѣ случаевъ находится далеко отъ эклиптики, то ясно, что наклоны этихъ кометныхъ орбитъ къ эклиптикѣ весьма значительны.

Самыя замѣчательныя падающія звѣзды принадлежатъ группамъ Персеидовъ и Леонидовъ. Онѣ называются такъ потому, что ихъ радіанты лежатъ въ созвѣздіяхъ Персея и Льва (Leo). Оба эти роя падающихъ звѣздъ движутся вокругъ солнца об-

ратнымъ движенiемъ. Персеиды въ своей орбитѣ находятся ближе всего къ землѣ 10 августа, въ день Св. Лаврентiя, почему эти падающiя звѣзды называются слезами Св. Лаврентiя. Скiапарелли показалъ, что этотъ рой имѣетъ ту же орбиту, что и комета 1862 III, открытая Тёттлемъ (Tuttle). Точно также орбита Леонидовъ, совпадающая съ орбитою кометы 1866 I (комета Темпеля, Tempel) подходитъ къ землѣ ближе всего около 13 ноября. Времена обращенiя этихъ роевъ равны приблизительно 123 и 33 годамъ. У Персеидовъ не наблюдается особенно замѣчательныхъ дождей падающихъ звѣздъ въ иные годы; поэтому соотвѣтственная комета разложилась, повидимому, такъ сильно, что образовала какъ бы правильное кольцо пыли. Наоборотъ, у Леонидовъ еще должно существовать въ одномъ мѣстѣ роя большое скопленiе матерiи, такъ какъ падающiя звѣзды этого роя являются черезъ каждые 33 года гораздо обильнѣе, чѣмъ обыкновенно. Такъ Гумбольдтъ (Humboldt) наблюдалъ чрезвычайно сильное паденiе звѣздъ въ ноябрѣ 1799. Ему разсказывали, что подобное паденiе наблюдалось и въ 1766 г. Въ 1832 и 1833 годахъ явленiе повторилось, какъ и въ 1866, оба раза—очень блестяще. Замѣчательно, что паденiе Леонидовъ 12—16 Ноября 1899 было очень слабо. Однако въ Йоркской Факторiи (York Factory) къ западу отъ Гудсонова залива сильное паденiе звѣздъ наблюдалось 15—17 ноября 1899.

Это неожиданное отсутствiе блестящихъ дождей падающихъ звѣздъ Бiелидовъ и Леонидовъ является новымъ доказательствомъ большой неустойчивости въ царствѣ кометъ. Вѣроятно, рои метеоровъ приближались въ промежутокъ времени со своего послѣдняго появленiя къ одной изъ планетъ и испытали вслѣдствiе этого возмущенiя движенiя въ орбитѣ. Такимъ же образомъ, вѣроятно, снова удалилась изъ солнечной системы комета Брорзена, открытая въ 1846 г., такъ какъ ее напрасно искали въ 1889 и 1890 гг., когда она должна была стоять очень благопрiятно для наблюденiя. Это же, несомнѣнно, имѣло мѣсто съ кометой Лекселля (Lexell), открытой въ 1770 г. и, вѣроятно, вслѣдствiе воздѣйствiя Юпитера въ 1767 г. присоединившейся къ солнечной системѣ. Время ея обращенiя составляло $5^1/_2$ лѣтъ и поэтому она должна была возвратиться въ 1775 и 1781 гг. Положенiе ея въ 1786 г. было очень благопрiятно для открытiя кометы, однако, она не была найдена ни тогда, ни впослѣдствiи. Было вычислено, что въ 1779 г. она очень близко подошла къ Юпитеру и подверглась тогда его воздѣйствiю такимъ образомъ, что была выброшена имъ изъ солнечной системы.

Между періодическими кометами существуетъ собственно только одна особенно замѣчательная и яркая, комета Галлея. Кромѣ нея ни объ одной изъ большихъ кометъ, обращавшихъ на себя общее вниманіе, нельзя утверждать съ увѣренностью, что она наблюдалась въ солнечной системѣ болѣе одного раза. Комета Галлея движется вокругъ солнца обратнымъ движеніемъ, т. е. въ направленіи обратномъ планетнымъ, тогда какъ остальныя 16 періодическихъ кометъ движутся аналогично планетамъ. Ея наибольшее разстояніе отъ солнца равно 35.4 радіусамъ земной орбиты, тогда какъ наименьшее составляетъ около 0.5 такихъ радіусовъ. Время обращенія равно 76.3 годамъ. Орбита ея была вычислена Галлеемъ по законамъ тяготѣнія, даннымъ Ньютономъ незадолго до того. Было въ высшей степени вѣроятно, что эта комета, появившаяся тогда въ послѣдній разъ въ 1682 г., была тождественна съ большими кометами 1607 и 1531 гг. Появленіе ея прослѣдили назадъ даже до 14 года до Р. Х. Затѣмъ она появлялась въ 1759 и 1835 гг. Ожидается, что въ слѣдующій разъ она будетъ проходитъ черезъ свой перигелій 17 мая 1910 г. Ея хвостъ имѣлъ въ длину около 20°.

Приблизительно такое же время обращенія, какъ и комета Галлея, имѣютъ еще двѣ періодическія кометы, затѣмъ слѣдуетъ одна съ почти 14-лѣтнимъ временемъ обращенія и наконецъ слѣдуетъ 13, принадлежащихъ къ семейству Юпитера съ обращеніями отъ 7.6 до 3.3. лѣтъ. Къ послѣднимъ относятся и вышеназванныя кометы Біела и Брорзена. Наименьшимъ временемъ обращенія, именно въ 3.3 года, обладаетъ комета Энке. Часто и большія, только однажды наблюдавшіяся, кометы имѣютъ столь точно опредѣленныя орбиты, что можно сравнительно точно опредѣлить и времена ихъ обращенія. Иногда оно достигаетъ очень значительныхъ величинъ, такъ, напримѣръ, для кометъ 1881 и 1882 гг. приблизительно 3000 лѣтъ.

Падающія звѣзды появляются вовсе не такъ рѣдко, какъ можно бы думать. Наблюдатель замѣчаетъ около 10 падающихъ звѣздъ въ часъ на охватываемой глазомъ сразу части неба. Такъ какъ эта часть составляетъ приблизительно четверть небеснаго свода, то съ одного мѣста наблюденія можно замѣтить въ часъ 40 падающихъ звѣздъ. Отсюда вычислено, что въ теченіе одного дня на землю падаетъ около 10 милліоновъ падающихъ звѣздъ. При большихъ дождяхъ падающихъ звѣздъ ихъ можетъ быть по однимъ оцѣнкамъ въ 1000, по другимъ въ 10000 разъ больше. Если для каждой падающей звѣзды предположить вѣсъ въ 5 граммовъ, то земля

должна увеличиваться ежегодно въ вѣсѣ на 20 милліоновъ килограммовъ (приблизительно въ 3.10^{17} разъ меньше, чѣмъ вѣсъ земли).

Больше всего падающихъ звѣздъ бываетъ въ утренніе часы (3—4 часа пополуночи), и тогда по Шмидту, въ Аѳинахъ, ихъ бываетъ въ 2.5 раза больше, чѣмъ между 8—9 часами пополудни. Если бы наблюденіямъ не мѣшалъ дневной свѣтъ, то вѣроятн минимумъ приходился бы на $6^ч$ вечера, максимумъ на $6^ч$ утра. Это объясняется тѣмъ, что мѣста (рис. 65), гдѣ часы показываютъ $6^ч$ утра (Morgen), находятся на передней сторонѣ земли при ея движеніи черезъ міровое пространство (со скоростью 30 км. въ сек.), тогда какъ мѣста, гдѣ время есть $6^ч$ вечера (Abend), находятся на задней сторонѣ. Вслѣдствіе этого въ послѣднемъ положеніи землю настигаютъ только тѣ метеоры, которые имѣютъ скорость въ направленіи земного движенія больше 30 км. въ въ сек. На утренней сторонѣ земля встрѣчаетъ не только всѣ метеоры, движущіеся въ пространствѣ на встрѣчу землѣ, но и тѣ, которые движутся въ одномъ направленіи съ землею, но скорость которыхъ не достигаетъ 30 км. въ сек. Точно также (на сѣверномъ полушаріи) число падающихъ звѣздъ (независимо отъ большихъ, чрезвычайно богатыхъ дождей падающихъ звѣздъ) бываетъ значительнѣе во второмъ полугодіи, чѣмъ въ первомъ. Это объясняется тѣмъ, что передняя точка земли при ея движеніи находится въ первомъ полугодіи въ южномъ, во второмъ, напротивъ, въ сѣверномъ полушаріи.

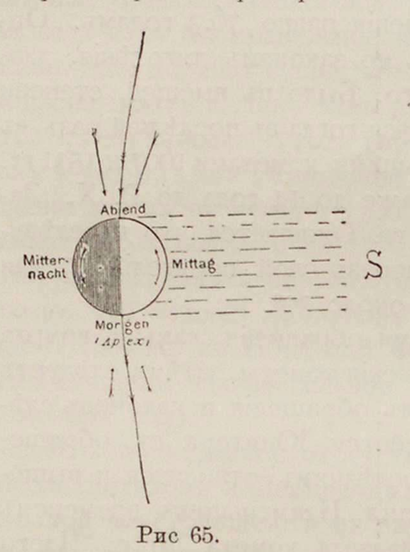


Рис 65.

Переходъ отъ падающихъ звѣздъ къ метеоритамъ или огненнымъ шарамъ (болидамъ) постепенный. Такъ, напримѣръ, большой огненный шаръ 12 марта 1899 г. наблюдался въ Ригѣ въ $9^ч 47^м$ вечера въ видѣ падающей звѣзды; въ короткое время интенсивность его свѣта колоссально увеличилась, такъ что предметы стали отбрасывать рѣзкія тѣни, и этотъ свѣтъ былъ видимъ въ огромныхъ областяхъ Швеціи, Финляндіи и Остзейскихъ губерній, пока огненный шаръ не упалъ вблизи финляндскаго города Борго на ледъ Финскаго залива, въ которомъ пробилъ отверстіе въ 9 м.

діаметромъ. Затѣмъ онъ упалъ на мягкое дно моря, гдѣ зарылся довольно глубоко въ илъ. Впослѣдствіи были вытянуты большіе куски. Этотъ наибольшій изъ наблюдавшихся до сихъ поръ метеоритовъ (325 кг.), самое паденіе котораго видѣли, былъ такъ называемый каменный метеоритъ, главныя составныя части котораго не металлическія. Самыми обыкновенными минералами въ нихъ являются: оливинъ, бронзитъ, троилитъ, хромовое и никелевое желѣзо (въ крупинкахъ) и стекловидныя массы. Къ тому же типу относился и огромный шаръ, разорвавшійся 10 февраля 1896 г. съ сильнымъ грохотомъ надъ Мадридомъ; по разницѣ времени въ 1.5 мин. съ момента взрыва до грохота высота, на которой произошелъ взрывъ, была опредѣлена въ 30 км. Метеоры бываютъ всевозможныхъ величинъ до мельчайшихъ крупинокъ или пыли. Эти маленькія крупинки могутъ быть замѣчены лишь при исключительно благопріятныхъ внѣшнихъ обстоятельствахъ. Такой случай произошелъ въ день новаго года 1869 въ Гессле (Hessle) въ Швеціи, когда при сильномъ трескѣ на ледъ озера Мэларъ упало множество большихъ и мелкихъ камней до 0.06 г. вѣсомъ. Естественно предположить, что при извѣстныхъ условіяхъ метеоры превращаются въ пыль раньше, чѣмъ достигнутъ земной поверхности, и это происходитъ, вѣроятно, съ большинствомъ падающихъ звѣздъ. При подобныхъ обстоятельствахъ выпадаетъ такъ называемая „космическая“ пыль. Что послѣдняя небеснаго происхожденія, а не происходитъ отъ вулканическихъ изверженій или другихъ земныхъ источниковъ, можетъ быть доказано при помощи химическаго анализа. Иногда съ неба падала, повидимому, и соль. Огненные шары часто оставляютъ на небѣ вначалѣ огненный, облакоподобный слѣдъ (днемъ дымное облако) который долгое время (часами) бываетъ виденъ на небѣ. Этотъ слѣдъ состоитъ безъ сомнѣнія изъ массы раскаленной космической пыли. Подобное явленіе на высотѣ 35 км. воспроизведено на рис. 66 по рисунку Норденшёльда.

Тогда какъ изъ 400 каменныхъ метеоритовъ самое паденіе видѣли въ 260 случаяхъ, изъ 100 извѣстныхъ желѣзныхъ метеоритовъ самое паденіе наблюдали только въ 9 случаяхъ. Эти метеориты состояли въ главной массѣ изъ желѣза съ большимъ содержаніемъ никеля и иногда съ небольшимъ количествомъ кобальта; напротивъ, въ нихъ никогда не встрѣчается марганца, въ противоположность желѣзу земного происхожденія. (Однако желѣзная руда въ Овификѣ на островѣ Диско возлѣ Гренландіи, привезенная Норденшёльдомъ въ Швецію, составляетъ исключеніе изъ этого правила. Именно, она

содержала никель и кобальтъ, но не марганецъ, несмотря на приписываемое ей земное происхожденіе). Своеобразной особенностью метеорнаго желѣза являются такъ называемыя Видманштэттовы (Widmannstätt) фигуры, которыя при обработкѣ разведенной сѣрной кислотой выступаютъ на плоско отшлифованной поверхности желѣза въ видѣ трехъ системъ линій, вза-



Рис 66. Слѣдъ болида, наблюдавшагося вблизи Упсалы въ Швеціи 29 апрѣля 1877, 8 ч. 37 м. пд, по Норденшёльду. Продолжительность свѣченія 25 минутъ.

имно пересѣкающихся подъ угломъ въ 60° (рис. 67). Эти фигуры характерны также для нѣкоторыхъ сплавовъ желѣза и никеля.

До сихъ поръ въ метеорныхъ камняхъ найдены слѣдующіе элементы: водородъ, кислородъ, азотъ, углеродъ, кремній, сѣра, фосфоръ, хлоръ, бромъ, литій, натрій, калій, рубидій, кальцій, стронцій, барій, свинецъ, магній, серебро, мѣдь, алюминій, галлій, марганецъ, желѣзо, никель, кобальтъ, хромъ, платина, иридій, титанъ, мышьякъ, олово, аргонъ и гелій. Любопытно от-

пстствіе цинка и элементовъ съ высокимъ атомнымъ вѣсомъ, напримѣръ, ртути, сурьмы и висмута, какъ и на солнцѣ. Локіеръ уакаливалъ каменные метеориты въ вольтовой дугѣ и получилъ спектръ, представлявшій чрезвычайно большое сходство со спектромъ солнца. Падающія звѣзды и метеоры раскаляются вслѣдствіе сопротивленія отъ тренія о воздухъ, вначалѣ они имѣютъ скорости космическаго порядка (30—100 км. въ сек.); затѣмъ они замедляются вслѣдствіе сопротивленія воздуха и пріобрѣтаютъ умѣренную скорость, какъ падающее тѣло. Чѣмъ меньше бываетъ скорость при вступленіи въ атмосферу, тѣмъ раньше замедляются вообще метеоры и тѣмъ меньше бываетъ взрывъ. Падающія звѣзды загораются на высотѣ отъ 200 до 110 км. и гаснутъ на высотѣ отъ 100 до 90 км. Для Персеидовъ средняя высота возгоранія равна 114, погасанія 89 км.; для Леонидовъ 151 и 97 км. Иногда наблюдались метеоры, начинавшіе загораться на высотѣ отъ 300 до 400 км. (по Скіапарелли и Ліэ, **Liais**). Въ этомъ отношеніи метеориты бываютъ весьма различны. Что интереснѣе всего въ этихъ тѣлахъ, это вопросъ: принадлежатъ ли они солнечной системѣ или нѣтъ, или, что сводится къ тому же, бываетъ ли ихъ скорость относительно центра солнца въ моментъ паденія на землю больше или меньше 43.2 км. въ сек. (стр. 183). Оказывается, что большая часть огненныхъ шаровъ являются чужими въ солнечной системѣ, тогда какъ рои падающихъ звѣздъ нужно разсматривать, какъ принадлежащіе ей съ нѣкотораго времени. И при большихъ дождяхъ падающихъ свѣздъ бываютъ огненные шары, которы, очевидно, слѣдуетъ разсматривать, какъ бо̀льшія падающія звѣзды. Такой огненный шаръ, найденный въ видѣ желѣзной глыбы вѣсомъ въ 4.1 кг., упалъ 27 ноября 1885 г. въ Мексикѣ, въ Масапилѣ (**Mazapil**). Этотъ кусокъ метеорнаго желѣза происходитъ отъ извѣстнаго небеснаго тѣла—кометы Біела. Одновременно директоръ обсерваторіи въ Сакатекасъ (**Zacatecas**) Буилья (**Bouilla**) наблюдалъ



Рис. 66. Видманштэттовы фигуры.

спектръ падающихъ звѣздъ и нашелъ, что ихъ линіи можно отожествить съ линіями желѣза, никеля, углерода, магнія и натрія. Спектръ одного огненнаго шара наблюдался въ Арекипѣ (В. Пикерингомъ 18 іюня 1897). Онъ нашелъ въ немъ четыре водородныхъ линіи (*Hβ*, *Hγ*, *Hδ* и *Hε*) и двѣ другихъ линіи въ 419.5 и 463.6 μμ, которыя онъ не могъ отожествить съ извѣстными линіями. Вѣроятно раскаленный водородъ принадлежитъ собственно атмосферѣ земли (изъ водяныхъ паровъ). Другой огненный шаръ 27 января 1897 г., вѣроятно біелидъ, началъ свой путь на высотѣ 90 км. надъ Кентомъ и разорвался на высотѣ 22 км. надъ Сэнтъ-Омеромъ; онъ двигался при этомъ со скоростью 31 км. въ сек. Понятно, въ подобномъ случаѣ нельзя быть увѣреннымъ въ томъ, что первоначальная скорость не превосходила значительно скорость, наблюдавшуюся въ сравнительно низкомъ положеніи, и не была больше 43.2 км.

Какъ о примѣрѣ огненнаго шара со скоростью выше 43.2 км. въ сек., можно упомянуть о метеорѣ, наблюдавшемся 20 ноября 1898 г. въ нижней Австріи. Онъ вспыхнулъ на высотѣ 123 км., мѣсто его взрыва находилось на высотѣ 44 км., а наибольшая наблюдавшаяся скорость равнялась 61 км. Онъ былъ виденъ отъ Исполинскихъ горъ до Гёрца. 16 января 1895 г. въ Брюннѣ и Вѣнѣ наблюдались три огненныхъ шара, одинъ изъ которыхъ имѣлъ геліоцентрическую скорость въ 54 км. въ сек., а другой, появившійся двумя минутами позже, только въ 30.7 км. въ сек. Эти три метеора не были связаны между собою. 25 января 1895 г. въ той же мѣстности произошло паденіе метеора, у котораго геліоцентрическая скорость была опредѣлена въ 56 км. въ сек. (ф. Ниссль, v. Nissl).

Такъ какъ солнечная система движется по направленію къ созвѣздію Геркулеса, то можно было бы предполагать, что съ этой стороны на землю падаетъ больше огненныхъ шаровъ, чѣмъ съ противоположной, такъ какъ огненные шары большею частью не принадлежатъ нашей солнечной системѣ. Вычисленіе показываетъ, согласно ф. Нисслю, что это предположеніе оправдывается, но разница между обѣими сторонами въ высшей степени незначительна.

Большіе огненные шары движутся съ космическими скоростями только въ первой части своего видимаго пути. Уже въ той точкѣ, гдѣ они загораются, они должны утратить часть своей первоначальной скорости. Затѣмъ они проникаютъ во все болѣе плотные воздушные слои, вслѣдствіе чего увеличивается треніе, такъ что они раскаляются все сильнѣе. Благодаря нерав-

номѣрному нагрѣванію, не успѣвающему проникнуть глубоко внутрь метеора, возникаютъ мѣстныя напряженія и наконецъ огненный шаръ раздѣляется на части при громѣ и блескѣ взрыва. Начиная съ этой точки, которую можно назвать точкой задержки (Hemmpunkt) и которая лежитъ на высотѣ отъ 3 до 47 (въ среднемъ около 20) км., скорость падающихъ внизъ кусковъ сильно уменьшается и немного превышаетъ скорость земныхъ снарядовъ. Наиболѣе подвергается этому вліянію скорость самыхъ мелкихъ кусковъ. Вслѣдствіе этого возникаетъ такъ называемая „область разброса", въ которой бо́льшіе куски падаютъ внизъ въ передней части, меньшіе въ задней, считая въ направленіи движенія огненнаго шара. Такъ, напримѣръ, „область разброса" паденія метеора 1 янв. 1869 возлѣ Гессле въ Швеціи, причемъ было найдено около 500 камней вѣсомъ отъ 0.06 до 1800 г., имѣла въ сѣверо-сѣверо-западномъ направленіи длину въ 16 км. и ширину въ 5 км. Наибольшій кусокъ былъ найденъ дальше всего къ С. С. З., наименьшіе куски вѣсомъ въ 1 г. дальше всего къ Ю. Ю. В. на льду озера Мэларъ. Общій вѣсъ упавшей массы былъ оцѣненъ приблизительно въ 50 кг., 25 изъ которыхъ были найдены. Нѣсколько обширнѣе была „область разброса" при паденіи метеора 30 января 1868 г. въ Пултускѣ. Направленіе полета метеора шло отъ З. Ю. З. къ В. С. В., но область разброса имѣла наибольшее протяженіе 17 км. въ направленіи отъ З. Ю. З. къ В. С. В. Эта разница въ 45° между обоими направленіями приписывается господствовавшему при паденіи сильному сѣверо-западному вѣтру. Ширина равнялась 6 км., при этомъ упало около 100 000 камней съ вѣсомъ отъ менѣе, чѣмъ 0.1 г., до 9 кг. Наибольшей „областью разброса" обладалъ метеоръ въ Мочѣ (Mócs) близъ Клаузенбурга (Трансильванія) 3 февраля 1882 г. Она простиралась въ направленіи полета метеорита отъ С. З. къ Ю. В. на 25 км., при ширинѣ въ 7.5 км. При этомъ упало вѣроятно болѣе 100 000 камней. Наибольшій кусокъ вѣсилъ 35 кг., а общій вѣсъ упавшей массы оцѣнивался въ 400—500 кг.

Вслѣдствіе нагрѣванія поверхности метеорные камни покрываются черною оплавленною корою и у нихъ выламываются небольшіе осколки, съ раковистымъ изломомъ (ср. рис. 68). Послѣдніе иногда бываютъ исключительно на одной сторонѣ (лицевой) камня, но если, какъ бываетъ въ большинствѣ случаевъ, метеоръ вращался при паденіи, то они покрываютъ весь камень. Подобное строеніе, характерное для метеоритовъ, встрѣчается въ меньшей степени и въ камняхъ (изъ пустынь), изъ которыхъ,

благодаря сильному нагрѣванію солнцемъ, выламываются кусочки. На тѣхъ поверхностяхъ излома, которыя образовались совсѣмъ близко отъ поверхности земли, расплавленная кора можетъ отсутствовать совершенно. Иногда на такихъ свѣжихъ поверхностяхъ излома наблюдали даже столь низкую температуру, что при прикосновеніи къ нимъ получалось сильное болѣзненное ощущеніе холода (Дурмсала, **Dhurmsala**, въ Остъ-Индіи, 14 іюля 1860 г.).

Согласно статистическому изслѣдованію Гёгбома (Högbom) изъ восьми говардитовъ (рѣдкій видъ метеоритовъ съ сильнымъ содержаніемъ *Ca* и *Al*) съ извѣстнымъ временемъ паденія три

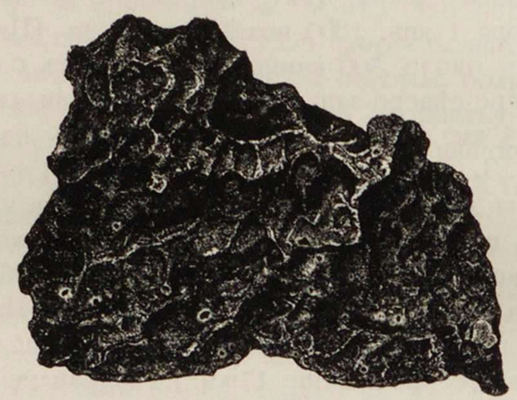


Рис. 68.

упало 2—7 августа, три 5—12 декабря и 2 въ другое время, что указываетъ на ихъ происхожденіе отъ опредѣленныхъ небесныхъ тѣлъ. То же самое относится и къ другимъ группамъ метеоритовъ, напримѣръ къ эвхритамъ, изъ которыхъ два упало 13 и 15 іюня. Извѣстно время паденія только трехъ эвхритовъ. Это весьма напоминаетъ возвращающіеся въ опредѣленныя времена рои падающихъ звѣздъ.

Нужно повторить еще разъ, что метеориты, происходящіе изъ отдаленнѣйшихъ міровыхъ пространствъ, имѣютъ всетаки много сходства съ извѣстными намъ минеральными тѣлами, такъ какъ они построены изъ тѣхъ же составныхъ частей, которыя встрѣчаются и на землѣ. Особенно замѣчательна ихъ тождественность съ составомъ внутреннихъ частей земли, поскольку онъ извѣстенъ по вулканическимъ изверженіямъ, и солнечной оболочки. Вѣроятно, каменные метеориты, т. е. преобладающее число метеоритовъ, построены изъ массы частичекъ пыли выно-

симыхъ въ пространство излученіемъ солнца и подобныхъ ему небесныхъ тѣлъ съ самого солнца и съ кометъ (стр. 163).

Молдавиты. По тщательнымъ изслѣдованіямъ Франца Зюсса (Franz Suess) своеобразныя тѣла, находимыя въ очень большомъ количествѣ въ Богеміи возлѣ Будвейса и въ Моравіи около Требича въ отложеніяхъ поздняго третичнаго періода (міоцена) и получившія названіе молдавитовъ, слѣдуетъ причислить къ метеоритамъ. Раньше ихъ считали выброшенными изъ вулкановъ или остатками древней стеклянной промышленности. Противъ первой гипотезы говоритъ тотъ фактъ, что со времени третичнаго періода вблизи не имѣется никакихъ вулкановъ или вулканическихъ горныхъ породъ болѣе молодого возраста. Они не могутъ быть далеко занесены вѣтрами вслѣдствіе своей величины (размѣры ихъ достигаетъ нѣсколькихъ сантиметровъ), точно также ихъ мѣстонахожденіе и внѣшній видъ (они не округлены) не указываютъ на продолжительное перененесеніе ихъ водою. Кромѣ того они не содержатъ воды, какъ стекла вулканическаго происхожденія. Не могутъ также они быть и искусственными старинными стеклами, такъ какъ ихъ можно расплавить только при помощи регенаративныхъ печей Сименса (Siemens) (1400° С.).

Подобныя стеклянныя тѣла находятъ и въ Остъ-Индіи (особенно на островѣ Биллитонъ) и всей южной Австраліи въ такомъ положеніи, что ихъ врядъ ли можно считать земными продуктами.

Поэтому ихъ разсматриваютъ, какъ аэролиты третичной эпохи. Ихъ поверхность имѣетъ явственные слѣды плавленія и такія же раковистыя углубленія, какъ у метеоритовъ. Вслѣдствіе ихъ сравнительно легкой плавкости на молдавитахъ часто видны болѣе глубокія борозды и желобки, указывающіе на сопротивленіе воздуха. Такія образованія Зюссъ получилъ на шарахъ канифоли, на которые направлялась горячая, въ 300° С., сильная струя воздуха.

Но тогда можетъ показаться страннымъ, что метеориты болѣе недавняго времени имѣютъ совершенно иной видъ. Противъ этого слѣдуетъ замѣтить, что обыкновенные каменные метеориты быстро вывѣтриваются, благодаря своему ноздреватому строенію, такъ что они едва ли могли сохраниться съ третичной эпохи. Обыкновенные метеориты также содержатъ стекловидныя вещества. (стр. 219). Поэтому возможно допустить, что временами болѣе значительный метеоритъ, подобный нѣкоторымъ кометамъ, приближается къ солнцу настолько, что сплавляется

въ одинъ большой комъ. Затѣмъ онъ могъ проникнуть въ земную атмосферу, гдѣ долженъ былъ разорваться вслѣдствіе внезапнаго нагрѣванія поверхности и послужить причиною дождя молдавитовъ. Замѣчательно, что нѣкоторые молдавиты, какъ „Болонскія слезки“, разрываются при малѣйшемъ поврежденіи ихъ поверхности, что указываетъ на внезапное охлажденіе (въ водѣ?).

V. Космогонія.

Намъ не разъ уже приходилось отмѣчать случаи большихъ измѣненій, которымъ подвергаются съ теченіемъ времени небесныя тѣла; особенно это относится къ новымъ звѣздамъ и кометамъ. Напротивъ, наша планетная система отличается большою устойчивостью, обусловленной главнымъ образомъ тѣмъ, что принадлежащія къ ней небесныя тѣла движутся вокругъ центральнаго тѣла въ почти круговыхъ орбитахъ, такъ что ихъ взаимныя разстоянія остаются всегда очень большими и они не оказываютъ другъ на друга значительныхъ возмущающихъ дѣйствій. Тѣ же тѣла, которыя по своей близости могли бы вызывать подобныя возмущенія въ солнечной системѣ, кометы, имѣютъ согласно произведеннымъ до настоящаго времени наблюденіямъ такую невообразимо ничтожную массу, что ихъ вліяніемъ можно совершенно пренебречь.

Поэтому можно было бы, конечно, склониться къ той мысли, что небесныя тѣла въ нашей солнечной системѣ всегда находились и будутъ находиться въ тѣхъ же условіяхъ, что и теперь, еслибы свѣдѣнія, пріобрѣтенныя въ XIX вѣкѣ относительно тепловыхъ явленій, не привели къ заключенію, что теплота есть нѣчто столь же субстанціальное, какъ и матерія. И если устойчивость массъ нашей солнечной системы въ ихъ орбитахъ не подвергается опасности, то съ количествами энергіи солнечной системы происходитъ нѣчто совершенно обратное, такъ какъ солнце выбрасываетъ въ міровое пространство огромныя количества теплоты, изъ которыхъ только въ высшей степени ничтожная часть (около $5 \cdot 10^{-9}$) достается другимъ тѣламъ этой системы. Это, конечно, абсолютно необходимо для существованія органической жизни на нашей землѣ; еслибы солнечная теплота не уходила въ мі-

ровое пространство, а шла исключительно на согрѣваніе планетъ, послѣднія очень скоро должны были бы пріобрѣсти ту же температуру, что и солнце (фотосфера). При такихъ условіяхъ планеты необходимо теряли бы въ пространство столь же небольшую часть своего теплового излученія, какъ и солнце, и находились бы въ тепловомъ обмѣнѣ только съ солнцемъ и другъ съ другомъ. Подобное состояніе могло бы привести только къ уничтоженію разницы температуръ въ солнечной системѣ и, такъ какъ солнце далеко превосходитъ массою планеты и ихъ спутники, то вскорѣ средняя температура всей системы не разнилась бы замѣтно отъ температуры солнца. Поэтому для насъ совсѣмъ не было бы счастьемъ, какъ представляютъ себѣ нѣкоторые, еслибы въ природѣ было устроено такъ, что наше солнце отдавало бы излишекъ своей энергіи только планетамъ.

Чтобы быть въ состояніи понять, какъ солнце покрываетъ свои тепловыя потери, мы необходимо логически пришли къ заключенію, что оно сжималось и сжимается еще и теперь, хотя замѣтить это мы и не могли за то короткое время, съ котораго производятся точныя измѣренія (ср. стр. 165). Поэтому раньше солнце должно было занимать большее пространство, чѣмъ теперь, и, если оглянуться достаточно далеко назадъ, вещество солнца занимало, быть можетъ, все пространство планетной системы и обладало не большею плотностью, чѣмъ туманности, которыя мы наблюдаемъ теперь на небесномъ сводѣ.

Такія заключенія высказывались, однако, еще раньше, чѣмъ могли возникнуть эти взгляды на потери тепла въ солнечной системѣ. Сведенборгъ (Swedenborg) представлялъ себѣ первичное состояніе солнечной системы въ видѣ хаоса туманной матеріи, который постепенно приходилъ въ порядокъ, пока не получилъ, наконецъ, своего нынѣшняго устройства при посредствѣ силъ, аналогическихъ электрическимъ и магнитнымъ. Кантъ (Kant) указывалъ на то, что извѣстныя въ его время шесть планетъ и девять спутниковъ движутся всѣ по кругамъ, лежащимъ почти въ одной плоскости съ солнечнымъ экваторомъ, и, кромѣ того, имѣютъ то же направленіе движенія, что и вращеніе солнца. Это, конечно, не можетъ быть случайностью и для этихъ явленій должна существовать общая причина. Вслѣдствіе этого онъ представлялъ себѣ начальное состояніе солнечной системы такимъ образомъ, что матерія, находящаяся теперь въ солнцѣ, планетахъ, ихъ спутникахъ и кометахъ, нѣкогда была распредѣлена въ видѣ тончайшаго вещества въ состояніи неустойчиваго равновѣсія, „такъ,

что внутреннія силы притяженія могли легко вызывать возмущенія и образовывать отдѣльные болѣе плотные узлы, къ которымъ должны были затѣмъ стремиться и сосѣднія частицы". Наиболѣе преобладающею силою была сила Ньютонова притяженія. Но Кантъ допустилъ и своеобразный родъ отталкивательныхъ силъ, обратившихъ совершенно равномѣрное вначалѣ прямолинейное движеніе отдѣльныхъ частицъ въ круговое. Послѣднее предположеніе не соединимо съ принципами механики.

Вскорѣ послѣ этого была совершена большая работа, обзоръ неба, произведенный Гершелемъ, во время котораго онъ открылъ и классифицировалъ большое количество туманностей и звѣздныхъ скопленій. Благодаря своимъ наблюденіямъ надъ отдѣльными туманностями онъ пришелъ къ взгляду, что однѣ изъ нихъ, испускающія очень слабый, размытый свѣтъ, находятся въ первичномъ состояніи, тогда какъ другія имѣютъ явственныя сгущенія, которыя при извѣстныхъ обстоятельствахъ могутъ уплотниться въ звѣзды. Въ другихъ случаяхъ (въ звѣздныхъ скопленіяхъ) уплотненіе ушло впередъ настолько далеко, что туманная матерія собралась въ настоящія звѣзды.

Эти наблюденія подтверждали по существу взгляды, лежащіе въ основаніи гипотезы Канта. Послѣдняя была предложена снова Лапласомъ (Laplace) въ улучшенной формѣ; именно онъ предположилъ у первичной туманности начальное вращеніе вокругъ оси. Это вращеніе было настолько сильно, что во внѣшнихъ частяхъ по экватору центробѣжная сила находилась въ равновѣсіи съ притяженіемъ. Въ серединѣ туманности находилось уплотненіе, занимавшее мѣсто нынѣшняго солнца. Вся газовая масса была сильно раскалена и постепенно охлаждалась. При этомъ она сжималась. Въ силу второго закона Кеплера, что радіусъ-векторъ небеснаго тѣла описываетъ въ одинаковое время одинаковыя площади въ различныхъ частяхъ его орбиты, произведеніе скорости (v) и разстоянія (r) отъ центра должно оставаться постояннымъ. Центробѣжная сила опредѣляется выраженіемъ $mv^2 : r = mv^2 r^2 : r^3 = K : r^3$, притяженіе же къ центру массы выражаетъ формулой $m : r^2$. Такимъ образомъ, при уменьшеніи r центробѣжная сила будетъ увеличиваться быстрѣе, чѣмъ тяготѣніе, и, такъ какъ вначалѣ они были равны между собою, то послѣ малѣйшаго же сжатія первая сила превзойдетъ вторую и часть газовой туманности отдѣлится въ видѣ кольца отъ главной массы. Но такое кольцо не могло бы существовать долго, его равновѣсіе неустойчиво. При малѣйшемъ

возмущенiи оно должно было распасться на нѣсколько небольшихъ частей, какъ кольцо Сатурна, или стянуться въ отдѣльное тѣло. Послѣднее вслѣдствiе бо́льшей скорости внѣшнихъ частей кольца вращалось бы въ томъ же направленiи, какъ раньше весь газовый шаръ. Такое тѣло является зачаткомъ планеты и состоитъ изъ большого газового шара, вращающагося вокругъ оси, параллельной оси вращенiя всей туманности. Оно продолжаетъ сжиматься и далѣе, а вслѣдствiе этого происходитъ дальнѣйшее образованiе колецъ и отсюда образованiе планетъ второго порядка, лунъ или спутниковъ, которые также вращаются вокругъ осей въ томъ же направленiи, что и ихъ главныя тѣла. Кометы не имѣютъ права гражданства въ планетной системѣ и входятъ въ нее случайно извнѣ.

Во всякомъ случаѣ эта гипотеза представляетъ довольно значительныя трудности. Правда, открытiе малыхъ планетъ показало намъ множество небесныхъ тѣлъ (болѣе 500), движущихся вокругъ солнца въ прямомъ направленiи. Наибольшiй наклонъ одной изъ этихъ планетныхъ орбитъ составляетъ 34°43′. Но орбиты лунъ Урана и Нептуна слишкомъ сильно отступаютъ отъ требованiй гипотезы, если не допустить возмущающаго влiянiя извнѣ. Замѣчательно, что эту особенность представляютъ именно самыя внѣшнiя планеты, для которыхъ прежде всего и можно было бы предположить подобное постороннее влiянiе.

Далѣе можно было бы предполагать, что если сжатiе газоваго шара происходило постепенно и непрерывно, то и отдѣленiе планетъ также должно было происходить постоянно, причемъ должна бы образоваться система, соотвѣтствующая приблизительно группѣ малыхъ планетъ.

Наибольшее затрудненiе въ гипотезѣ Лапласа представляетъ высокая температура газоваго шара, которую она предполагаетъ. Согласно вычисленiямъ Стонея и Брайана земля не можетъ удерживать въ своей атмосферѣ водорода. Какъ легко вычислить, еще меньше могло бы удержать водородъ солнце, еслибы оно было такъ велико, чтобы заполнить орбиту Нептуна или Урана, и еслибы его температура, напримѣръ, не была ниже температуры земли (+15° C). Но первичная туманность имѣла вѣроятно еще большiе размѣры. Поэтому надо думать, что въ этихъ обширныхъ туманностяхъ, въ которыхъ вслѣдствiе большого разрѣженiя матерiи не дѣйствуютъ сколько-нибудь значительныя притягательныя силы, газы (между ними особенно выдающуюся роль играетъ водородъ) имѣютъ температуру, которая не можетъ быть значительно выше абсолютнаго нуля. Тогда возникаетъ во-

просъ: какимъ же образомъ эти небесныя тѣла могутъ испускать свѣтъ? Отвѣтъ заключается въ томъ, что въ этомъ случаѣ источникъ свѣта тотъ же, что и у кометъ, которыя также имѣютъ слишкомъ низкую температуру, чтобы свѣтиться самостоятельно (ср. стр. 44).

Во всякомъ случаѣ, правильность движенiй небесныхъ тѣлъ въ нашей солнечной системѣ такъ поразительна, что нельзя оспаривать справедливость гипотезы Канта и Лапласа въ ея главныхъ пунктахъ. Но трудно понять причину, въ силу которой создалась планетная система такой поразительной правильности, а не аггрегатъ множества маленькихъ тѣлецъ, какъ въ кольцѣ Сатурна, или аггрегатъ небесныхъ тѣлъ, кружащихся одно вокругъ другого въ сложномъ движенiи по орбитамъ съ очень большими эксцентриситетами, или же почему въ наибольшемъ тѣлѣ сгустилась почти вся масса (внѣ солнца осталось лишь 0.16 проц.), въ противоположность многимъ двойнымъ звѣздамъ. Въ туманностяхъ часто замѣчаютъ нѣсколько центровъ конденсацiи. Можно, пожалуй, представить себѣ, что въ туманности, изъ которой возникла наша солнечная система, еще въ газовой массѣ образовались сгущенiя на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ получились впослѣдствiи планеты. Они участвовали въ большомъ общемъ вращенiи и затѣмъ постепенно собирали вокругъ себя газовый шаръ въ области, черезъ которую проходили. Вслѣдствiе этого они получили такое же вращенiе, какъ еслибы они образовались изъ разорваннаго кольца. Такимъ образомъ всѣ планеты должны были бы считаться одинаково „старыми", и нельзя считать самыми старыми крайнiя планеты, какъ требуетъ первоначальная гипотеза Лапласа.

Согласно гипотезѣ Канта и Лапласа и результатамъ современной астрономической науки, „первичную туманность солнечной системы" нужно представлять себѣ въ видѣ очень обширной, чрезвычайно рѣдкой туманности, которая, подобно туманности Орiона и Плеядъ, могла имѣть протяженiе въ нѣсколько тысячъ орбитъ Нептуна. Въ этихъ неправильныхъ образованiяхъ концентрацiя матерiи такъ незначительна, что тамъ не проявляется сколько-нибудь замѣтныхъ притягательныхъ силъ, и послѣднiя должны дѣйствовать въ теченiе миллiоновъ лѣтъ, чтобы вызвать замѣтныя смѣщенiя различныхъ частей. Самые легкiе газы, какъ водородъ и гелiй, находятся въ самыхъ внѣшнихъ слояхъ этой газовой массы, какъ и на солнцѣ они занимаютъ внѣшнiя части. Только одни они посылаютъ свѣтъ во внѣ, благодаря электрическимъ разрядамъ, возникающимъ въ наружныхъ слояхъ вслѣдствiе захвата отрицательно заряженныхъ частицъ. Если этимъ

образованіямъ сообщается теплота, то газы все болѣе удаляются отъ центра и вслѣдствіе этого постепенно охлаждаются (ср. ниже стр. 234).

Такимъ образомъ, эти туманности являются обширными кладовыми тепловой энергіи, излучаемой къ нимъ солнцами. Эта энергія будетъ использована ими послѣ, при ихъ конденсаціи, происходящей въ слѣдующей стадіи. Внутреннія части туманности заключаютъ болѣе тяжелые химическіе элементы; соединенія не могутъ существовать при огромномъ разрѣженіи. Эти элементы обладаютъ столь незначительною скоростью, что они не въ состояніи удалиться отъ туманности. Но они имѣютъ болѣе высокую температуру, чѣмъ наружные, состоящіе изъ легкихъ газовъ, и именно вслѣдствіе тѣхъ же обстоятельствъ, въ силу которыхъ при такъ называемомъ адіабатическомъ равновѣсіи въ земной атмосферѣ температура повышается съ глубиною. Не смотря на то, что эти тѣла тамъ находятся, они не обнаруживаются однако развитіемъ свѣта, такъ какъ ихъ нѣтъ въ наружныхъ частяхъ, на которыя попадаютъ отрицательно заряженныя частички. Этимъ объясняется то странное явленіе, что первичная матерія содержитъ повидимому только нѣкоторые легкіе элементы (водородъ, гелій и газъ, соотвѣтствующій линіи туманностей 496 $\mu\mu$). Для объясненія этого обстоятельства раньше предполагали, что при крайнемъ разрѣженіи всѣ химическіе элементы распадаются на водородъ,—предположеніе, стоящее въ противорѣчіи съ химическимъ опытомъ. Въ свѣтѣ нѣкоторыхъ туманностей нашли, кромѣ того, нѣсколько слабыхъ линій, соотвѣтствующихъ магнію и желѣзу. Послѣднія могутъ происходить отъ собственнаго свѣта этихъ газовъ, ибо внутри туманности температура, конечно, можетъ быть иногда достаточно высока.

Условія, въ которыхъ находятся такого рода туманности, неустойчивы, но они могутъ сохраняться очень долго (практически безконечно долго) вслѣдствіе чрезвычайной ничтожности дѣйствующихъ силъ. Съ теченіемъ времени силы притяженія должны стянуть матерію туманности въ правильныя округленныя формы. Но этому процессу можетъ препятствовать то, что въ матерію туманностей проникаютъ извнѣ центры конденсаціи, какъ кометы въ солнечную систему. Эти болѣе плотныя сгущенія притягиваются одно другимъ и отчасти соединяются вмѣстѣ, такъ какъ остальная матерія туманности препятствуетъ ихъ движеніямъ.

Если затѣмъ матерія туманности совершаетъ съ самаго начала опредѣленное вращеніе вокругъ оси, то эти центры конденсаціи будутъ увлекаться имъ и постепенно втягиваться въ об-

щее вращательное движенiе. Вслѣдствiе частичной конденсацiи возникаетъ стягиванiе вещества изъ сосѣднихъ частей, оказывающее, наконецъ, влiянiе на всю туманность. Центробѣжная сила увеличивается и вмѣсто большого шара газовъ съ общимъ движенiемъ образуется дискъ. Вслѣдствiе конденсацiи матерiи вокругъ опредѣленныхъ пунктовъ и одновременнаго удаленiя ея изъ промежутковъ, они получаютъ все бо́льшую самостоятельность другъ относительно друга, пока всѣ части диска не будутъ опредѣляться почти исключительно тѣмъ, что центробѣжная сила точно уравновѣшиваетъ притяженiе. Иными словами, движенiя все болѣе приближаются къ движенiямъ въ планетной системѣ. Этому состоянiю соотвѣтствуютъ часто встрѣчающiяся во всѣхъ частяхъ неба спиральныя туманности. Послѣднiя очень плоски, дискообразны, что указываетъ на уравновѣшиванiе притяженiя центробѣжною силою въ плоскости диска. Спиральное строенiе можетъ быть объяснено тѣмъ, что пункты конденсацiи не управляютъ всецѣло движенiями окружающей ихъ матерiи, какъ подробнѣе показалъ Вильчинскiй (Wilczynski). Эти туманности даютъ сплошной спектръ, откуда слѣдуетъ заключить, что излученiе центровъ конденсацiи, которые собрали въ себя почти всю потенцiальную энергiю разрѣженной матерiи туманности, превосходитъ излученiе самихъ газовъ туманности.

Можно представить себѣ также, что начальное вращенiе туманности было относительно слабо. Тогда не возникнетъ опредѣленнаго центра, вокругъ котораго происходило бы движенiе и притомъ круговое. Конденсацiи опредѣляются скорѣе случайностью и развиваются вокругъ нѣсколькихъ вторичныхъ центровъ. Послѣднiе, довольно неправильно, начнутъ позднѣе тяготѣть другъ къ другу и образуютъ орбиты всевозможныхъ эксцентриситетовъ. Этотъ случай, какъ сказано выше, повидимому очень часто встрѣчается у двойныхъ звѣздъ (ср. стр. 52).

Теперь мы прослѣдили развитiе до того перiода, когда уже образовались планетныя или звѣздныя системы. Ихъ тѣла все болѣе увеличиваются конденсацiей за счетъ окружающей матерiи. Вначалѣ температура ихъ повышается, благодаря конденсацiи, затѣмъ наступаетъ сильное излученiе и съ нимъ охлажденiе (по крайней мѣрѣ въ болѣе внѣшнихъ слояхъ). Это состоянiе прiйдетъ, наконецъ, къ тому, что образуется твердая кора, послѣ чего тепловая потеря наружу почти совершенно прекратится. Такъ напримѣръ, нынѣшняя тепловая потеря солнца составляетъ 1.2×10^5 кал. на $см^2$ въ минуту. Потеря же земли не составляетъ и 2×10^{-4} на $см^2$ въ минуту. Еслибы солнце когда-ни

будь покрылось такою же толстою корою, какъ земля (изъ тѣхъ же изверженныхъ горныхъ породъ), то оно потеряло бы, значитъ, въ тысячу милліоновъ лѣтъ не много больше теплоты, чѣмъ теперь въ одинъ годъ. Можно сказать, что въ этомъ состояніи энергія небесныхъ тѣлъ сохраняется на неизмѣримыя времена.

Передъ отвердѣніемъ наружной коры давленіе внутри небеснаго тѣла постоянно повышается. Представимъ себѣ, что всѣ линейные размѣры между моментами t_1 и t_2 уменьшились на половину. Положимъ, что горизонтальная поверхность (2 см.)^2 подвергается во время t_1 давленію вѣса находящагося надъ нею газоваго столба 4 p, т. е. p на 1 см^2. Поверхность 1 см^2 сократится ко времени t_2 въ 0.25 см^2, на которой будетъ лежать вѣсъ 4 p, такъ какъ всѣ находящіяся выше вѣсомыя массы приблизились къ центру вдвое. Слѣдовательно, давленіе на квадратный сантиметръ возростетъ до 16 p. Далѣе, если бы масса небеснаго тѣла подчинялась закону Бойля-Гэ-Люссака (Boyle—Gay-Lussac), что въ извѣстной степени можетъ имѣть мѣсто вначалѣ, то давленіе должно увеличиваться въ томъ же отношеніи, какъ и концентрація [1]), т. е. въ отношеніи 8 : 1, если температура остается постоянной. Но такъ какъ въ дѣйствительности давленіе увеличилось въ 16 разъ, то для удержанія равновѣсія абсолютная температура должна повыситься вдвое. Такимъ простымъ разсчетомъ Ньюкомъ, присоединяясь къ Лэну (Lane), доказываетъ, что температура должна повышаться съ давленіемъ. Впослѣдствіи, когда наступитъ большее уплотненіе, отклоненія отъ закона газовъ станутъ столь велики, что давленіе будетъ возростать пропорціонально концентраціи въ степени 1.333, вслѣдствіе чего и температура не должна будетъ болѣе повышаться для поддержанія равновѣсія. Но тогда наступаетъ образованіе сильно конденсированныхъ молекулъ, которое компенсируетъ возростающее отклоненіе отъ закона газовъ; такимъ образомъ промежутокъ времени, въ который температура при сжатіи возростаетъ, будетъ продолжаться еще дольше, чѣмъ было бы безъ этого.

Этимъ путемъ доказывается, что солнце и звѣзды вслѣдствіе потери тепла въ раннихъ стадіяхъ своего развитія сжались и одновременно повысили свою температуру. Напротивъ, если сильно разрѣженная масса, какъ въ туманностяхъ, воспринимаетъ теплоту извнѣ и при этомъ расширяется, то температура ея должна падать.

Можно, однако, спросить: нагрѣвается ли газовая масса при

---

[1]) обратно пропорціонально объему.

своемъ сжатіи безъ притока теплоты извнѣ настолько, чтобы ея температура повышалась вдвое или болѣе, если давленіе возростаетъ въ отношеніи 1 : 16? Для этого случая имѣетъ мѣсто уравненіе (T_1 и T_2, p_1 и p_2 суть температура и давленіе до и послѣ сжатія):

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

гдѣ k есть отношеніе удѣльныхъ теплоемкостей при постоянномъ давленіи и при постоянномъ объемѣ. Въ случаѣ, если $\frac{k-1}{k}$ больше 0.25, это требованіе выполняется; а это условіе сводится къ тому, что $k > 1.33$. Это соотношеніе имѣетъ мѣсто для одноатомныхъ газовъ, какъ напримѣръ для газовъ металловъ и гелія ($k = 1.67$). Также и обыкновенные газы, молекулы которыхъ состоятъ изъ двухъ атомовъ, какъ кислородъ (O_2), водородъ (H_2), азотъ (N_2) и окись углерода (CO) имѣютъ $k > 1.33$,—для нихъ k равно 1.41. Поэтому туманности несомнѣнно удовлетворяютъ указанному условію.

Когда сжатіе ушло очень далеко, подвижность газовыхъ молекулъ въ высшей степени уменьшается, такъ что начинаетъ играть роль чистая теплопроводность, и въ этомъ случаѣ потеря тепла солнечной поверхностью не можетъ быть возмѣщена доставляемой извнутри теплотою; слѣдствіемъ этого, очевидно, будетъ сильное охлажденіе внѣшнихъ частей и, наконецъ, образованіе твердой коры.

Окончательное состояніе небесныхъ тѣлъ, развившихся изъ туманностей, характеризуется поэтому большими тѣлами съ огромными давленіемъ и температурою внутри, окруженныхъ твердою, дурно проводящею корою; ихъ можно разсматривать, какъ почти абсолютныя хранилища энергіи. Вслѣдствіе высокой температуры и высокаго давленія внутри, ихъ атомы связаны тамъ въ химическія соединенія съ огромнымъ содержаніемъ энергіи при чрезвычайно маломъ объемѣ.

Эти тѣла двигались бы въ теченіе безконечнаго времени одно вокругъ другого, если бы устойчивость вселенной была такъ же велика, какъ и устойчивость солнечной системы. Но, по мнѣнію наиболѣе вдумчивыхъ астрономовъ, этого на дѣлѣ нѣтъ. Въ пространствѣ носятся нѣкоторыя звѣзды съ такими большими скоростями, что ни одно небесное тѣло извѣстныхъ теперь размѣровъ не можетъ удерживать ихъ въ постоянныхъ орбитахъ. Арктуръ и Грумбриджъ 1830 (ср. стр. 19) предста-

вляютъ самые замѣчательные примѣры этихъ стремительныхъ небесныхъ тѣлъ. Они должны пролетать сферу одной солнечной системы за другою, пока, наконецъ, въ безпредѣльномъ теченіи времени они не столкнутся съ другимъ міровымъ тѣломъ. Если послѣднее будетъ туманностью и блуждающая звѣзда не прорвется чрезъ нее, то въ туманности образуется новый центръ притяженія. Напротивъ, если встрѣченное тѣло будетъ угасшимъ солнцемъ, то послѣдуетъ огромный взрывъ. Обладающія высокой температурой, богатыя энергіей и сильно сжатыя соединенія внутри этого солнца частью сразу окажутся подъ меньшимъ давленіемъ и произведутъ взрывъ съ чрезвычайно сильнымъ выдѣленіемъ тепла. Къ энергіямъ обоихъ небесныхъ тѣлъ присоединится энергія удара. Осколки обоихъ міровыхъ тѣлъ будутъ опять отброшены взрывомъ другъ отъ друга, такъ что газы ихъ, вслѣдствіе уменьшившейся силы притяженія, образуютъ чрезвычайно разрѣженную атмосферу, соотвѣтствующую состоянію туманности. Образуется новая туманность и эволюція можетъ начаться снова. Вслѣдствіе чрезвычайнаго расширенія почти все количество энергіи превращается опять въ потенціальную энергію. Температура значительно падаетъ и въ самыхъ наружныхъ слояхъ стоитъ немного выше абсолютнаго нуля.

Вообще говоря, ударъ при столкновеніи двухъ небесныхъ тѣлъ будетъ не центральнымъ, а боковымъ. Вслѣдствіе этого вновь образовавшаяся туманность получитъ съ самаго начала вращеніе вокругъ оси.

Многіе астрономы допускали поглощеніе энергіи (погасаніе) въ міровомъ пространствѣ, благодаря темной матеріи. Въ концѣ концовъ эти потерянныя количества свѣта и теплоты обращаются въ приходъ туманностей отчасти чрезъ поглощеніе излученія солнцъ, отчасти чрезъ захватываніе частичекъ, несущихъ электрическіе заряды. Вся излучаемая солнцами вселенной энергія воспринимается въ концѣ концовъ туманностями, которыя вслѣдствіе своей низкой температуры не теряютъ замѣтной доли ея черезъ лучеиспусканіе (впрочемъ, онѣ излучаютъ опять-таки другъ къ другу). Энергія сберегается въ нихъ благодаря разрѣженію и расширенію наружныхъ газовыхъ слоевъ. Газовыя молекулы съ болѣе значительнымъ среднимъ движеніемъ могутъ уноситься въ міровое пространство и обогащать запасъ тепла другихъ небесныхъ тѣлъ (туманностей).

Такимъ образомъ происходитъ постоянный обмѣнъ. Изъ угасшихъ солнцъ возникаютъ новыя туманности; этотъ процессъ соотвѣтствуетъ, быть можетъ, наблюдавшимся въ нѣкоторыхъ

случаяхъ явленіямъ, когда новыя звѣзды (возникшія вслѣдствіе столкновенія) по истеченіи короткаго времени блѣднѣли и уступали мѣсто газообразной туманности. Изъ туманностей возникаютъ солнца, причемъ (лучистая) энергія и матерія, попавшія въ эти туманности изъ другихъ солнечныхъ системъ, снова концентрируются. Такъ образуются солнца высокой температуры, огромныя концентраціи силы и матеріи; вначалѣ, при повышеніи температуры и давленія они выдѣляютъ лучеиспусканіемъ огромныя количества тепла и отчасти вещества, скопляющіяся въ туманностяхъ. Затѣмъ они охлаждаются, позже получаютъ твердую кору и переходятъ, подобно спорамъ живыхъ существъ, въ состояніе покоя, въ которомъ они теряютъ только минимальныя количества энергіи и почти совершенно не теряютъ матеріи. Къ новому круговороту они пробуждаются опять тогда, когда сталкиваются съ другимъ міровымъ тѣломъ этого рода, причемъ, благодаря взрыву, возникаетъ новая туманность.

Періодъ развитія солнцъ высокой температуры долженъ быть самымъ краткимъ отдѣломъ этой исторіи развитія, состояніе покоя въ видѣ темнаго небеснаго тѣла—самымъ долгимъ, а состояніе туманности имѣть среднюю продолжительность. Поэтому можно предполагать, что наибольшая часть матеріи заключается въ темныхъ небесныхъ тѣлахъ, наименьшая въ солнцахъ. Напротивъ, наибольшій объемъ имѣютъ туманности, которыя обладаютъ также и самою низкою температурою. Температура поверхности темныхъ тѣлъ, если только они не находятся, подобно планетамъ солнечной системы, въ непосредственной близости съ могучимъ излучающимъ тѣломъ, должна понизиться до температуры тѣлъ, къ которымъ направляется ихъ излученія, т. е. туманностей, или, иными словами, до абсолютнаго нуля. Поэтому средняя температура міроваго пространства (отвлекаясь отъ нашего солнца), которую надо принимать въ разсчетъ при опытахъ надъ излученіемъ, будетъ опредѣляться главнѣйшимъ образомъ туманностями (и темными міровыми тѣлами), т. е. будетъ только нѣсколькими градусами выше абсолютнаго нуля, что согласно опытамъ Ланглея вполнѣ и соотвѣтствуетъ наблюденію.

Обычно принятый въ настоящее время взглядъ, который былъ развитъ Гельмгольцемъ и особенно лордомъ Кельвиномъ, сводится къ тому, что всѣ солнца излучаютъ свою энергію въ безконечное міровое пространство и эта энергія поглощается не другими тѣлами, а только однимъ свѣтовымъ эфиромъ.

Это охлажденіе солнцъ должно, согласно названному взгляду, происходить въ періодъ, сравнимый съ геологическими мѣра-

ми времени. Такъ, напримѣръ, продолжительность существованія нашего солнца, какъ излучающаго свѣтъ тѣла, должна быть ограничена приблизительно 15 милліонами лѣтъ до нашего времени и 8 мил. лѣтъ послѣ него (ср. стр. 165). Приблизительно то же должно имѣть мѣстѣ и для другихъ солнцъ, хотя нѣкоторыя изъ нихъ, бо̀льшія, чѣмъ наше солнце, дольше и просуществуютъ. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что солнце, линейные размѣры котораго въ десять разъ превосходили бы размѣры нашего и которое слѣдовательно было бы въ 1000 разъ больше, все же пробыло бы въ каждой фазѣ развѣ только въ десять разъ дольше, такъ какъ излучающая поверхность была бы въ 100 разъ больше, теплоемкость же въ 1000 разъ больше соотвѣтственныхъ величинъ для нашего солнца. Изъ упомянутаго воззрѣнія необходимо слѣдуетъ, что системѣ міра опредѣлено конечное время существованія.

Трудно согласовать подобное мнѣніе съ нашими понятіями о неразрушимости энергіи и матеріи. Если даже увеличить принятый выше періодъ, около 20 милліоновъ лѣтъ, для каждой солнечной системы до сотенъ милліардовъ лѣтъ, то самое представленіе о существованіи солнцъ лишь въ продолженіи конечнаго времени мало удовлетворительно. Это затрудненіе устраняется сдѣланнымъ выше предположеніемъ, что угасшее нѣкогда солнце послѣ періода покоя, превосходящаго, быть можетъ, въ милліоны разъ его періодъ излученія, можетъ быть возвращено опять посредствомъ столкновенія къ новому періоду сильнаго развитія сначала въ состояніи туманности, а затѣмъ солнца. Если же этотъ процессъ можетъ повторяться произвольное число разъ, то наша потребность представлять себѣ систему міра существующей въ неизмѣримости временъ вѣчно будетъ удовлетворена.

Какъ мы видѣли, туманности поглощаютъ лучистую энергію теплыхъ міровыхъ тѣлъ и отчасти превращаютъ ее въ потенціальную энергію. Но опредѣленная доля получаемой энергіи должна, согласно требованіямъ второго закона термодинамики, сохраниться въ видѣ тепловой энергіи. Эта доля, однако, можетъ быть произвольно малою, если только температура тѣла, получающаго излученіе, лежитъ достаточно близко къ абсолютному нулю. Туманности же обладаютъ температурою, только весьма мало удаляющейся отъ абсолютнаго нуля. Не представляетъ никакого затрудненія считать эту температуру произвольно малою. Слѣдовательно, мы можемъ, не впадая въ противорѣчіе съ нашими современными знаніями, представить себѣ, что описанный выше об-

мѣнъ между солнцами и туманностями повторяется безконечное число разъ.

Пойти дальше этого пункта, доказывать, что развитіе міра происходитъ во всѣ мыслимыя времена при такихъ же условіяхъ, можетъ быть, какія существуютъ теперь, нельзя и надѣяться. Ибо дѣйствительно безконечное протяженіе времени и пространства не охватывается умозрѣніями натуралиста. И каждый разъ, когда измѣняются наши представленія о современномъ состояніи, мы должны измѣнять также и наши взгляды на прошедшее и будущее, такъ что окончательное рѣшеніе данныхъ вопросовъ представляется невозможнымъ.

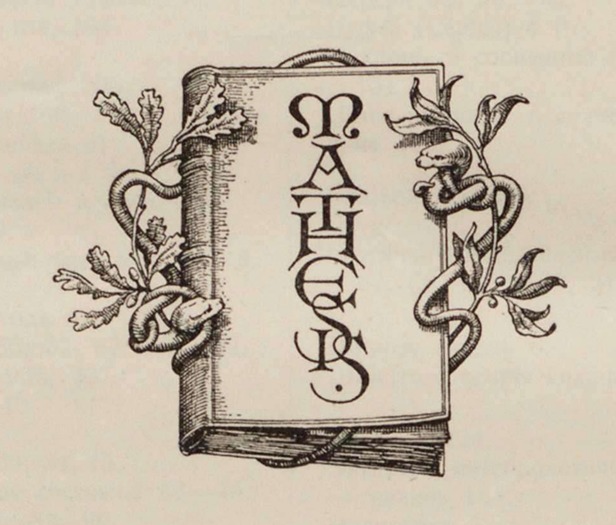
Существуетъ еще и другое мнѣніе о способахъ, какими образовались міровыя тѣла. Мы видѣли уже раньше, что на землю падаютъ значительныя количества метеорной пыли. Это обстоятельство навело нѣкоторыхъ изслѣдователей на гипотезу, что вся земля и всѣ другія небесныя тѣла построены изъ метеоритовъ. Но мы наблюдаемъ обратное. Тѣла кометъ распадаются постепенно въ пыль. Не столько, однако, это обстоятельство, сколько то, что названный способъ образованія требуетъ существованія всевозможныхъ эксцентриситетовъ и наклоновъ орбитъ, показываетъ, что наша планетная система не могла, конечно, возникнуть такимъ образомъ.

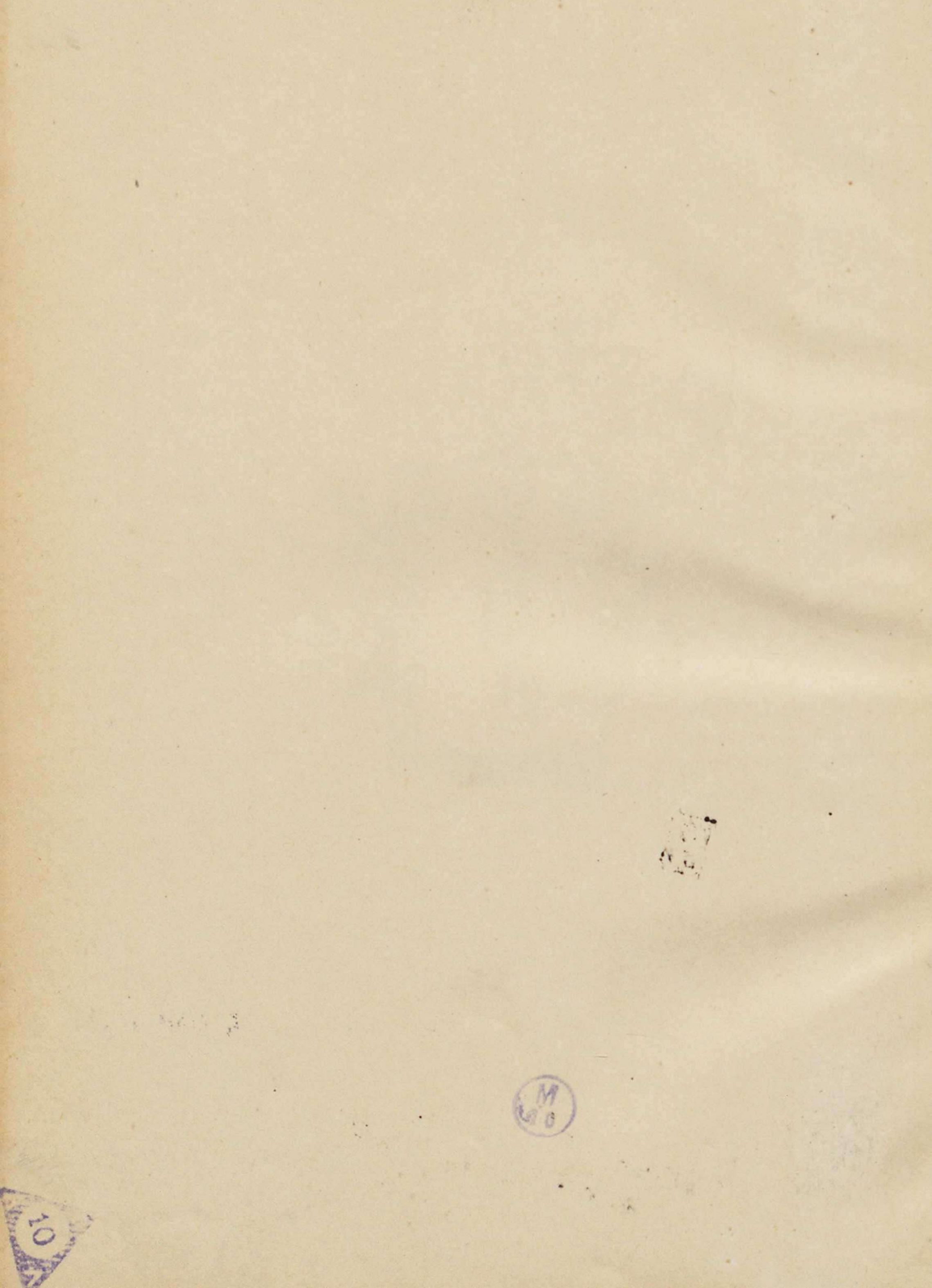
Примѣчаніе къ стр. 173.

Для этого представимъ себѣ дискъ луны разбитымъ на кольца рядомъ концентрическихъ круговъ, именно такъ, чтобы ширина каждаго кольца, видимая изъ центра луны, была равна дугѣ въ 1°. Излученіе диска, посылающаго въ направленіи нормали излученіе S, въ другомъ направленіи, дѣлающемъ съ нормалью уголъ w, будетъ $S \cos w$, т. е. дискъ излучаетъ тепла какъ разъ столько, сколько излучала бы его проекція на плоскость, перпендикулярную къ взятому направленію излученія, въ направленіи своей нормали. Такимъ образомъ, полная луна должна излучать тепла какъ разъ столько, сколько и плоскій дискъ той же температуры. Величина T^4 для поверхности каждаго излучающаго кругового элемента пропорціональна $\cos w$. Слѣдовательно, излученіе для каждаго см^2 поверхности пропорціонально $2.38 \cos w$. Если радіусъ луны есть r, то длина кругового элемента будетъ $2\pi r \sin w$. Ширина каждаго элемента будетъ $d\,(r \sin w) = r \cos w\, dw$. Другими словами, излученіе каждаго элемента выразится черезъ $2.38 \cos w \times 2\pi\, r \sin w \times r \cos w\, dw$, что для всего луннаго диска дастъ $2.38 \times 2\pi r^2 \times$ на интегралъ отъ $\cos^2 w \sin w\, dw$, взятый въ предѣлахъ отъ 0 до $\pi/2$. Въ результатѣ получается $\frac{1}{3} \times 2.38 \times 2\pi r^2$, что и дано въ текстѣ стр. 173.

Указатель именъ.

Указатель предметовъ.


MATHESIS




2020171308